

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Томский государственный университет
Горно-Алтайский государственный университет
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР

**МАТЕРИАЛЫ ДЕСЯТОЙ РОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2014

УДК 004(082)
ББК 73я431
Н766

Новые информационные технологии в исследовании сложных структур :
Н766 материалы Десятой российской конференции с международным участием. – Томск :
Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 132 с.

ISBN 978-5-9462-1449-0

В сборник включены материалы Десятой российской конференции с международным участием «Новые информационные технологии в исследовании сложных структур».

Конференция проведена по инициативе Томского государственного университета, Горно-Алтайского государственного университета, Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-07-06020) с 9 по 11 июня 2014 г. в пос. Катунь Алтайского края.

Для специалистов в области информационных технологий в различных сферах человеческой деятельности, включая телекоммуникационные системы, образование, охрану природы, здравоохранение, разработку систем искусственного интеллекта, исследование дискретных и стохастических структур управления и связи.

УДК 004(082)
ББК 73я431

Организационный комитет:

Евтушенко Н.В., профессор, г. Томск, Россия (председатель);
Бандман О.Л., профессор, г. Новосибирск, Россия;
Бурдонов И.Б., вед. научный сотрудник, г. Москва, Россия;
Горцев А.М., профессор, г. Томск, Россия (научный редактор);
Дмитриев Ю.Г., профессор, г. Томск, Россия;
Евдокимов А.А., профессор, г. Новосибирск, Россия;
Закревский А.Д., чл.-кор., г. Минск, Беларусь;
Каравай М.Ф., профессор, г. Москва, Россия;
Конев В.В., профессор, г. Томск, Россия;
Косачев А.С., вед. научный сотрудник, г. Москва, Россия;
Матросова А.Ю., профессор, г. Томск, Россия;
Микони С.В., профессор, г. С.-Петербург, Россия;
Назаров А.А., профессор, г. Томск, Россия;
Параев Ю.И., профессор, г. Томск, Россия;
Семенов А.А., доцент, г. Иркутск, Россия;
Табакаев Ю.В., профессор, г. Горно-Алтайск, Россия;
Фазлиев А.З., доцент, г. Томск, Россия;
Черемисинова Л.Д., профессор, г. Минск, Беларусь

ISBN 978-5-9462-1449-0

© Томский государственный университет, 2014

Литература

1. *Andreeva V.* Test minimization technique for multiple stuck-at faults of combinational circuits // Proc. of 8th East-West Design&Test International Symposium St. Petersburg, Russia. 2010. pp. 168–17.
2. *Andreeva V.* Test Set Compaction Procedure for Combinational Circuits Based On Decomposition Tree // Proc. 9th East-West Design&Test Intrl Symposium, Sevastopol, Ukraine, Sept. 2011, pp. 251–254.
3. *Andreeva V., Sorudeykin K.* A Research of Heuristic Optimization Approaches to the Test Set Compaction Procedure Based On a Decomposition Tree for Combinational Circuit // Proc. of 10th IEEE East-West Design & Test Symposium 2012. Kharkov, Ukraine. pp. 382–387.
4. *Kirill Sorudeykin.* Irrespective Priority-Based Regular Properties of High-Intensity Virtual Environments // 20th IEEE Telecommunications Forum TELFOR 2012. Belgrade, Serbia. Nov 2012. pp. 510–513.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИМИ АВТОМАТАМИ

И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев

Институт системного программирования РАН, Москва, Россия
igor@ispras.ru, kos@ispras.ru

Исследование графов автоматами является корневой задачей во многих приложениях, к которым относятся верификация и тестирование программных и аппаратных систем, а также исследование сетей, в том числе сети интернета и GRID на основе формальных моделей. Модель системы, в конечном счёте, сводится к графу переходов, свойства которого нужно исследовать. За последние годы размер используемых систем и, следовательно, размер их моделей и, следовательно, размер исследуемых графов непрерывно растёт. Проблемы возникают тогда, когда исследование графа одним компьютером либо требует недопустимо большого времени, либо граф не помещается в его память, либо и то и другое. Поэтому возникает задача параллельного и распределённого исследования графов. Эта задача формализуется как задача исследования графа коллективом автоматов (несколькими параллельно работающими компьютерами с достаточной суммарной памятью).

В докладе подразумевается тестирование детерминированных систем: граф – это граф автомата тестируемой системы, автомат на графе – тестирующая система, а проход по дуге – это тестовое воздействие и наблюдение результата. В качестве практического примера можно привести функциональное тестирование различных подсистем модели процессора [1]: кэш третьего уровня, управление прерываниями и пр. Модельные графы содержат от нескольких тысяч до нескольких миллионов узлов и несколько миллионов дуг. Тест выполнялся максимально на 150 компьютерах.

Автомат-обходчик выполняется на одной машине (процессор с памятью), а наличие нескольких автоматов на разных машинах позволяет распараллелить работу. При тестировании клонирование тестируемой системы обычно возможно только в начальном состоянии. Поэтому автомат начинает работу с начальной вершины графа. Будем считать, что за один такт создаётся не более одного клона тестируемой системы.

Нижняя оценка времени обхода для одного или ограниченного числа автоматов равна $\Omega(nm)$, где n – число вершин графа, а m – число дуг. Если число автоматов не ограничено, нижняя оценка $\Omega(m)$.

Для того чтобы автомат мог обходить любой конечный граф, требуется неограниченная рабочая память, в которой накапливается информация о пройденной части графа. Если эта память – суммарная память автоматов, число которых ограничено, автоматы не конечны на классе всех графов. Существуют алгоритмы с оценкой $\Theta(nm)$. Распараллеливание ускоряет обход, но не меняет порядок времени обхода в наихудшем случае. Если число автоматов не ограничено, то существуют алгоритмы с оценкой $\Theta(m)$.

Проблема возникает, когда автоматы конечны, а граф слишком большой. Существуют два подхода к решению этой проблемы.

Первый подход применим, когда рабочая память существует отдельно от памяти автоматов и реализуется на вершинах графа: автомат может писать / читать в текущей вершине символы конечного алфавита. Такой подход может применяться, например, для сети интернета, когда вершина – это узел сети, а проход по дуге – передача сообщения между узлами. Для одного конечного автомата известен алгоритм с оценкой $\Theta(nm+n^2 \log \log n)$ [2], а при повторном обходе $\Theta(nm+n^2 l(n))$, где $l(n)$ – число логарифмирований, при котором достигается соотношение $1 \leq \log(\log \dots (n) \dots) < 2$ [3]. Отличие от нижней оценки

$\Omega(nm)$ объясняется тем, что автомату бывает нужно «вернуться» в начало только что пройденной дуги. Если автоматов несколько, каждый из них может читать пометки в вершинах, оставленные другими автоматами, и обмениваться с ними сообщениями. Для двух автоматов оценка $\Theta(nm)$.

Второй подход применяется при тестировании, когда вершина графа – это состояние тестируемой системы, и автомат не может в неё писать. Рабочая память – это суммарная память коллектива конечных автоматов, обменивающихся сообщениями. Для k машин можно обходить графы в k раз большие, чем для одной машины. Если размер графа не ограничен, число автоматов в коллективе также должно быть не ограничено. В докладе предлагается алгоритм для расширенных автоматов (сводимых к конечным автоматам) с оценкой $\Theta(m+nD)$, где D – максимальная длина пути в графе от корня.

Литература

1. Demakov A., Kamkin A., Sortov A. High-Performance Testing: Parallelizing Functional Tests for Computer Systems Using Distributed Graph Exploration in Open Cirrus Summit. Moscow, 2011.
2. Бурдонов И.Б. Обход неизвестного ориентированного графа конечным роботом // Программирование. 2004. № 4. С. 11–34.
3. Бурдонов И.Б. Проблема отката по дереву при обходе неизвестного ориентированного графа конечным роботом // Программирование. 2004. № 6. С. 6–29.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОДМНОЖЕСТВА КОДОВЫХ СЛОВ ЗАДАННОЙ МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СУЩЕСТВЕННЫХ ПОДДЕРЕВЬЕВ

Н.Б. Буторина

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
nnatta07@mail.ru

При обеспечении самопроверяемости дискретных устройств требуется разрабатывать самотестируемые детекторы кодов. Самотестируемость означает, что в рамках рассматриваемого класса неисправностей для каждой из неисправностей существует тестовый набор среди множества всех кодовых слов детектора.

Для компактного представления всех кодовых слов ранее [1] была предложена специальная формула $A(X)$ разложения кодовых слов (m, n) -кода. $D_p^q(X^r)$ – это дизъюнкция конъюнкций, представляющих все равновесные (q, p) -кодовые слова, $p < n$, $q \leq p$, $X^r \subset X$, $X = \{x_1, \dots, x_n\}$. Будем считать, что $n = 2m$.

Разделим множество X на два подмножества X^1, X^2 , где $X^1 = \{x_1, \dots, x_g\}$, $X^2 = \{x_{g+1}, \dots, x_n\}$.

Теорема 1.

$$D_{2m}^m(X) = \sum_{i=0}^k D_g^i(X^1) D_s^{m-i}(X^2) \quad (1)$$

Первоначальное множество переменных X мощности n разбивается на два подмножества X^1 и X^2 : $|X^1| = g = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$, $|X^2| = s = n - g$. Если $g > 2$ и $s > 2$, то формула (1) используется ещё раз для каждого коэффициента разложения D_g^i, D_s^{m-i} , $i = \overline{0, m}$, и т.д. В результате получаем формулу A , задающую все кодовые слова (m, n) – кода.

Число l достигаемых кодовых слов может быть меньше числа всевозможных кодовых слов (C_n^m). Важно, чтобы свойство самотестируемости обеспечивалось именно на тех кодовых словах, которые поступают на входы детектора.

Для решения этой задачи множество всех кодовых слов представляется суммой подмножеств кодовых слов, таких, что каждое подмножество задается выражением

$$D_2^{q_1}(X^1) \dots D_2^{q_a}(X^a) D_1^{p_1}(X^{a+1}) \dots D_1^{p_b}(X^h). \quad (2)$$

Это выражение порождается листьями поддерева, которое названо *существенным*.

Существенное поддерево может быть получено перемещением от корня дерева, помеченного \vee , до его концевых вершин, помеченных $D_p^{q_i}(X^j)$, по следующим правилам (договоримся в дальнейшем отождествлять вершины с их метками):

Научное издание

**НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ
СЛОЖНЫХ СТРУКТУР**

**МАТЕРИАЛЫ ДЕСЯТОЙ РОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

Редактор К.В. Полькина
Компьютерная верстка А.И. Лелоюр
Дизайн обложки Л.Д. Кривцова

Подписано к печати 13.05.2014 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 15,3.
Тираж 120 экз. Заказ № 309.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–53-15-28

ISBN 978-5-9462-1449-0



9 785 946 214490