

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кучукова Виктора Андреевича «Разработка методов и программных средств повышения производительности отказоустойчивых вычислительных систем, работающих в модулярном коде», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы. Диссертационная работа Кучукова Виктора Андреевича посвящена решению актуальной научной проблемы исследования и разработки математических методов и алгоритмов выполнения немодульных операций на основе различных форм позиционной характеристики числа с целью повышения скорости и отказоустойчивости обработки информации вычислительными узлами распределенной среды, работающими в модулярном коде. Для эффективного решения данной проблемы требуется разработка специализированного программного обеспечения, позволяющего адаптировать вычислительную систему с учетом потребностей ее пользователей.

Построение отказоустойчивых систем обработки информации, обеспечивающих сокращение времени расчетов путем параллельного выполнения операций сложения и умножения на основе системы остаточных классов (СОК), является одним из перспективных направлений решения вышеупомянутой задачи. Здесь эффект ускорения вычислений достигается за счет использования при вычислениях в СОК не всего числа, а только информации о его остатках по определенным модулям. Это позволяет параллельно выполнять вычисления по независимым каналам с числами небольшой разрядности.

Однако реализация немодульных операций, таких как определение знака числа, сравнение чисел и др., характеризуется высокой степенью вычислительной сложности. Возникает дополнительная нетривиальная проблема оптимального выбора параметров немодульных операций и разработки общего метода, позволяющего увеличить скорость выполнения немодульных операций в задачах обработки информации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что тема диссертационной работы, направленной на решение перечисленных выше проблем, является чрезвычайно актуальной.

Структура и содержание диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 145 использованных источников, и пяти приложений. Общий объем работы составляет 215 страниц.

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основные задачи работы, обоснованы научная новизна и практическая значимость результатов проведенного исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена методам повышения отказоустойчивости вычислительных систем. В частности, особое внимание уделено использованию структурной и информационной избыточности. Показано, что применение методов и средств кодирования информации, обладающих необходимой корректирующей способностью, позволяет существенно снизить требования к отказоустойчивости программно-аппаратного обеспечения вычислительных систем.

Во второй главе разработаны математические методы и алгоритмы выполнения немодульных операций в СОК. При этом детально рассмотрены проблема выбора модулей СОК для перевода чисел из позиционной системы счисления и алгоритмы нахождения остатка при делении на модули специального вида 2^n , $2^n - 1$, $2^n + 1$. Обсуждены методы перевода из СОК в позиционную систему счисления. В частности, исследованы методы, базирующиеся на Китайской теореме об остатках, обобщенной позиционной системе счисления, функции ядра и диагональной функции для модулей специального вида. На основе обобщенной позиционной системы счисления предложен модифицированный метод перевода из СОК в позиционную систему счисления и расширения оснований. Показано, что реализация предложенного метода обладает простотой и универсальностью, не зависит от вида модулей, сводится к умножению на треугольную матрицу и делению с остатком. Особое внимание уделено решению проблем сравнения чисел в СОК и определения знака числа.

В третьей главе предложен подход к реализации разработанных алгоритмов в виде архитектур вычислительных узлов распределенной среды для выполнения арифметических операций в СОК, в том числе немодульных операций. Разработан специализированный алгоритм проектирования отказоустойчивой вычислительной системы. Установлено, что применение непозиционных систем счисления, например, системы остаточных классов, позволяет выполнять сложение и умножение чисел по параллельным вычислительным каналам без переноса разрядов между ними и тем самым существенно сокращать время выполнения арифметических операций. Преимущества разработанных в диссертации методов и алгоритмов продемонстрированы в сравнении с известными разработками подобного назначения.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы, проведено их обсуждение, сформулированы выводы об эффективности их использования и намечены возможные направления дальнейших исследований.

Приложения содержат результаты моделирования методов и алгоритмов, реализованных в рамках диссертационного исследования, а также акт о внедрении разработанного программного обеспечения.

Автореферат адекватно отражает структуру и содержание диссертации в целом.

Соответствие паспорту научной специальности. Судя по тексту диссертации, тема, содержание и основные результаты работы в полной мере соответствуют областям исследования паспорта специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Научная новизна определяется следующими результатами диссертационного исследования:

- модифицированы методы и алгоритмы перевода из позиционной системы счисления в СОК и из СОК в позиционную систему счисления, определения знака и сравнения чисел в СОК, отличающиеся от известных меньшей размерностью операндов и эффективной реализацией операций без необходимости нахождения остатка по большому модулю;
- модифицированы методы коррекции ошибок распределенной обработки и хранения информации в системе остаточных классов;
- разработан программный комплекс для выполнения немодульных операций вычислительными узлами распределенной среды, позволяющий повысить скорость и отказоустойчивость решения задач распределенной обработки данных.

Практическая значимость. Результаты диссертационной работы были использованы при выполнении проектов Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований, а также поддержаны грантами Совета по грантам Президента Российской Федерации.

Разработанные соискателем методы обнаружения и локализации ошибок распределенной обработки и хранения данных и методы перевода из системы остаточных классов в позиционную систему счисления внедрены в организации ООО «Инфоком-С» в системе интеллектуального реагирования на инциденты и события «Darvis». Имеется соответствующий акт о внедрении.

В рамках выполнения диссертационного исследования получено 14 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 7 патентов на изобретения.

Достоверность и обоснованность научных результатов диссертационной работы обуславливаются корректным применением математических моделей и методов математического анализа, теории чисел и численных методов, а также подтверждаются экспериментальными расчетами, известными теоретическими оценками и результатами

сравнительного анализа предложенных методов и алгоритмов с известными разработками в данной области исследования.

Апробация. Основные результаты диссертации в полной мере представлены на профильных российских и международных конференциях и опубликованы в 31 научной работе, включая 8 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 16 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus. Указанный авторский вклад соискателя не вызывает сомнений.

Замечания. Диссертация производит самое благоприятное впечатление. В тоже время к данной работе имеется ряд частных замечаний, которые не влияют на несомненную теоретическую и практическую ценность диссертационного исследования в целом.

- 1) В первой главе употребляются понятия арифметичности и неарифметичности кода обнаружения и исправления ошибок. К сожалению, грань между этими понятиями, определяемая неким соотношением между информационной и контрольной частями кода, в тексте диссертации не формализована.
- 2) Структурная схема отказоустойчивой вычислительной системы, представленная на рисунке 3.1, требует детализации. В частности, в данной схеме следовало выделить основные блоки системы, отразить процессы их функционирования и взаимодействия при обеспечении ее отказоустойчивости.
- 3) В рамках диссертационного исследования преимущества разработанных методов и алгоритмов показаны в основном на модельных примерах. Рассмотрение большой практической задачи с длительным интенсивным обменом данными позволило бы более полно оценить эффективность работы создаваемых отказоустойчивых вычислительных систем. Например, было бы полезно привести результаты решения задачи по оценке отказоустойчивости и вероятности бесперебойной работы облачных провайдеров, упомянутой на стр. 119 третьей главы диссертации.
- 4) Список сокращений и условных обозначений был бы полезен при рассмотрении текста диссертации.

Заключение. Диссертационная работа Кучукова Виктора Андреевича выполнена на высоком научном уровне по актуальному направлению исследований. Ее содержание полностью соответствует поставленным целям и задачам, обладает внутренним единством и правильно отражает логическую последовательность выполнения основных этапов исследования. Диссертация изложена в хорошем научном стиле, ясно и доказательно. Основные результаты, положения и выводы диссертации являются вполне достоверными и обоснованными.

В целом диссертация Кучукова Виктора Андреевича является самостоятельно подготовленной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований эффективно решается актуальная задача исследования и разработки математических методов и алгоритмов выполнения немодульных операций на основе различных форм позиционной характеристики числа с целью повышения скорости и отказоустойчивости обработки информации вычислительными узлами распределенной среды, работающими в модулярном коде.

Считаю, что диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кучуков Виктор Андреевич, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент

главный научный сотрудник лаборатории

параллельных и распределенных вычислительных систем,

ФГБУН Институт динамики систем и теории управления

имени В.М. Матросова Сибирского отделения

Российской академии наук,

доктор технических наук, доцент

Феоктистов Александр Геннадьевич

19.04.2024

Контактные данные организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН), 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 134, e-mail: idstu@icc.ru, тел.: +7 (3952) 42-71-00