

ОТЗЫВ

официального оппонента Эйсымонта Леонида Константиновича на диссертационную работу Кудряшовой Екатерины Сергеевны «Модели параллельных систем и их применение для трассировки и расчета времени выполнения параллельных вычислительных процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность темы диссертации

Необходимость методов оценки времени параллельной обработки данных возникает как при разработке новых процессоров и суперкомпьютерных платформ, так и при создании параллельных программ для выполнения научно-технических расчетов и реализации информационных систем. Для решения этой проблемы необходимы математические модели параллельных систем, в которых должно учитываться время.

К настоящему времени построены различные математические модели такого типа: временные системы переходов, временные структуры событий, временные сети Петри, сети Петри с задержками, автоматы с отношением параллельности с задержками. Эти модели создавались для верификации параллельных программ.

Тем не менее, проблема разработки методов расчета времени выполнения для достаточно широкого класса параллельных процессов решена не была, хотя это имеет значительное практическое значение, особенно для отечественных разработчиков суперкомпьютерных систем.

Действительно, современные проблемы развития сверхпроизводительных систем до эксафлопсного уровня производительности (10^{18} операций в секунду) могут быть решены лишь при увеличении их параллелизма до 10^9 параллельных процессов. При этом не менее двух порядков роста производительности надо получить непосредственно в отдельном вычислительном узле такой системы. Это означает, что предстоит резкий рост количества ядер микропроцессоров в вычислительном ядре, а также количества аппаратно поддерживаемых легких процессов-тредов в каждом из этих ядер для обеспечения толерантности ядер к задержкам выполнения операций разного типа, особенно с памятью. Опыта работы с таким уровнем параллелизма нет ни у отечественных разработчиков, ни в мире.

Кроме того, необходим и рост асинхронности таких параллельных систем, что, как показывает практика, не только способствует росту реальной производительности, но и значительно снижает энергопотребление вследствие появляющейся возможности отказа от глобальных для микропроцессоров деревьев разводки синхросигналов. Разработка таких систем только с позиций “здорового смысла”, т.е. неформальных приемов, также весьма сомнительна. Нужен мощный формальный аппарат.

Перечисленное – малая доля практических причин необходимости создания мощных средств формализованного анализа и временной оценки высокопроизводительных асинхронных параллельных систем.

В связи с этим представляет научный и практический интерес разработка, теоретическое и экспериментальное обоснование новых, более универсальных и точных методов расчета времени работы и трассировки параллельных процессов. На основании изложенного тема диссертационной работы Е.С.Кудряшовой представляется актуальной, имеющей важное значение для науки и практики.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

К числу наиболее существенных результатов диссертации следует отнести следующие достижения:

1. Разработано обобщение математической модели асинхронной системы переходов и для нее найдены условия, при которых существует обобщенная нормальная форма Фогаты, позволяющая строить наискорейшие пути выполнения процесса.

2. Разработан метод измельчения асинхронной системы, позволяющий находить наименьшее время выполнения параллельного процесса с заданной трассой. На основе этого метода получена формула для вычисления минимального времени обработки данных с помощью асинхронного конвейера, в котором операции чтения из канала и записи в канал зависимы.

3. Получена формула для расчета минимального времени обработки данных с помощью волновой системы и получена таблица выполнения наискорейшего процесса с заданной трассой в волновой системе.

4. Разработан комплекс программ для проведения экспериментов по измерению времени работы многопроцессорной системы с помощью компьютера, имеющего двухъядерный процессор.

5. Построена новая математическая модель – временной дистрибутивный асинхронный автомат. Она обобщает пространство состояний временной сети Петри. На основе временных сетей Петри разработано программное обеспечение мониторинга группы виртуальных машин.

Обобщение математической модели асинхронных систем переходов называется дистрибутивным асинхронным автоматом, оно дано в п. 2.1. Дистрибутивный асинхронный автомат представлен с помощью произвольного множества, элементы которого можно интерпретировать как *состояния* памяти ЭВМ, и множества *операций*, изменяющих состояния памяти. Как и для асинхронных систем, заданы *переходы* в виде троек (s, a, s') , где a – операция, s – состояние до выполнения операции операции и s' – состояние после выполнения. В отличие от асинхронной системы, в которой отношение независимости определено на множестве операций, отношение независимости в дистрибутивном асинхронном автомате задано для каждого состояния на множестве выходящих из него переходов.

Дистрибутивный асинхронный автомат является новой математической моделью. Эта модель полезна, поскольку на конечные последовательности переходов, при дополнительных условиях, распространяется метод нормальных форм Фoaты. Автору принадлежит создание этой модели и идея построения *максимальной формы* для параллельных процессов.

Развитый в работе метод измельчения для асинхронных систем в некотором виде встречался в одной из работ других авторов ранее. Однако в этой работе операция разлагалась в композицию попарно независимых операций, причем это разложение никак не связывалось со временем. Таким образом, предложенный в диссертационной работе метод измельчения и применение его для измерения времени выполнения процесса в асинхронной системе является новым. Полученная на основе этого метода формула для расчета времени работы конвейера является новой для случая, когда операции чтения и записи для каналов зависимы.

Формула для расчета времени работы волновой системы была неизвестна, поэтому она является новой. Личный вклад автора заключается в постановке экспериментов, приводящих к гипотезе, с последующим доказательством этой гипотезы.

Комплекс программ зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ и описан в статье, опубликованной в журнале. Он разработан в среде Borland C++ Builder 6 и предназначен для измерения времени работы асинхронных

конвейеров и волновых систем в реальном времени. Основная идея заключается в использовании спящих потоков, позволяющих имитировать одновременную работу нитей. Использование этой идеи для расчета времени работы асинхронных конвейеров и волновых систем является новой и значительно снижает расходы на проведение экспериментов. Личный вклад автора состоит в разработке программ этого комплекса.

Математическая модель временного дистрибутивного асинхронного автомата является новой. В диссертации показано, что эта модель имеет право на существование и может эффективно использоваться для расчета временных характеристик параллельных систем. Личный вклад автора заключается в создании этой модели и в применении этой модели для анализа временной сети Петри для разработки системы мониторинга компьютеров.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием методов современной алгебры, математического моделирования, оригинальных вычислительных алгоритмов теории моноидов. Результаты подтверждены строгими математическими доказательствами всех предложений и теорем, представленных в работе.

Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами компьютерных экспериментов, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, в опубликованных работах и авторских свидетельствах о регистрации программ для ЭВМ.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Научная значимость результатов заключается в развитии теории трассировки вычислительных процессов, моделируемых с помощью дистрибутивных асинхронных автоматов, новые положения которой могут быть успешно использованы при расчете времени работы асинхронных систем. Автору удалось обобщить метод трассировки вычислительных процессов, основанный на измельчении операций и приведении трассы к нормальной форме Фoaты.

Практическая значимость результатов заключается в приведенных формулах для расчета времени работы асинхронных конвейерных и волновых систем. Эти формулы позволяют находить ускорение вычисления за счет применения параллельно работающих процессоров, в зависимости от объема входных данных. Они могут применяться на практике для разработки процессоров с конвейерной организацией выполнения машинных команд.

Соответствие диссертации указанной специальности

В диссертации получены оригинальные результаты одновременно из трех областей: математического моделирования, численных методов и комплексов программ. Построена новая математическая модель параллельной системы, предложены новые методы вычисления времени работы параллельных процессов в конвейерных и волновых системах, разработан комплекс программ для измерения времени работы параллельных процессов. Исследования в диссертации соответствуют пунктам 1 (разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений), 2 (развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей), 3 (разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий), 8 (разработка систем компьютерного и имитационного моделирования). Математическая модель не относится к конкретной предметной области. Работа не включает разработку автоматизированных систем контроля и управления техническими объектами и технологическими процессами. Работа не содержит элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, не содержит математическое и программное обеспечение общего назначения для вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. В работе преобладают математические методы как аппарат исследований и получены результаты в виде новых математических методов, алгоритмов вычисления и новых закономерностей. Следовательно, диссертация удовлетворяет требованиям паспорта специальности 05.13.18.

Замечания по диссертационной работе в целом

1. Необходимо было написать, что приведенный на с.49 цикл связан с псевдо-конвейером, показанным на следующей странице на рисунке 2.1. Иначе не ясно, как строится конвейер для распараллеливания цикла.

2. В формуле (2.2) для ускорения асинхронного конвейера на с.58 допущена опечатка – индексы суммирования должны браться от 0 до $p-1$, а не от 1 до $p-1$.
3. В формуле (2.3) для времени обработки p элементов данных конвейером на с.65 допущена опечатка, аналогичная допущенной в формуле (2.2).
4. На с. 83 вывод 2 сформулирован не точно, поскольку он не был доказан.
5. В диссертационной работе явно не хватает связи с важнейшими реальными актуальными проблемами разработки современных высокопроизводительных систем, например: создание многоядерных массово-мультитредовых микропроцессоров; разработка асинхронных микроархитектур; исследование современных моделей параллельных программ над общей памятью. Вопросы от разработчиков можно было бы поставить. В этой связи хочется отметить раздел 3.6 о применении временных сетей Петри для создания программного обеспечения мониторинга групп виртуальных машин. Побольше бы таких применений разработанных формализованных средств.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, не смотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с разработкой, теоретическим и экспериментальным обоснованием и рекомендациями к практическому использованию методов расчета времени работы и трассировки широкого класса параллельных процессов, имеющих важное значение для разработки параллельных прикладных программ в различных отраслях науки и практики.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 8 научно-технических конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы в 20 научных трудах соискателя, включая 5 статей в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Получено 2 авторских свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну

и рекомендации по использованию научных выводов на практике, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Кудряшова Екатерина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент
научный сотрудник ФГУП «НИИ «Квант»
кандидат физико-математических наук

Эйсымонт Л.К.

20.04.2015

Подпись Л.К.Эйсымонта подтверждаю

Начальник отдела кадров ФГУП «НИИ «Квант»
А.А.Рогожников

125438 г.Москва, 4-й Лихачевский пер., д.15

Телефон: 8-903-521-90-32

e-mail: verger-lk@yandex.ru