

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Бумажкиной Натальи Юрьевны

«Специальное математическое и программное обеспечение процесса размещения виртуальных машин в гетерогенных центрах обработки данных», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы.

Одним из актуальных направлений в сфере обработки информации является совершенствование методов интеллектуального анализа данных. В контексте современных исследований наблюдается устойчивая тенденция к интеграции передовых алгоритмов машинного обучения, методов искусственного интеллекта и аналитических инструментов, что позволяет существенно расширить возможности обработки больших объемов информации. В настоящее время эти технологии активно применяются в сфере облачных вычислений, позволяющих удаленное выполнение задач пользователей на основе принципа «по запросу».

Развитие архитектурных подходов к проектированию центров обработки данных стало ключевой технологической основой для решения подобных задач, предоставляя требуемые вычислительные и коммуникационные ресурсы физических машин центров обработки данных, необходимых для эффективного интеллектуального анализа данных. К этим ресурсам относятся: процессорное время, оперативная память, хранилище данных и пропускная способность каналов связи.

В области исследования, связанной с функционированием центров обработки данных, одной из приоритетных задач является повышение эффективности предоставления вычислительных и коммуникационных ресурсов конечным пользователям. Одним из способов решения этой задачи является применение систем виртуализации. Центры обработки данных, использующие технологии виртуализации, относятся к категории виртуализированных. В зависимости от архитектуры гипервизоров виртуальных машин, они разделяются на гомогенные, (один тип гипервизоров), и гетерогенные (два и более типа гипервизоров).

Соискатель в достаточной степени проанализировал исследования, посвященные проблеме необходимости корректировки плана первоначального размещения виртуальных машин на физических машинах виртуализированных центров обработки данных. Он выявил, что в основном такая проблема возникает из-за возможности программ, выполняющихся на виртуальных машинах, менять запросы к отдельным видам ресурсов, что с течением времени, приводит к отклонению текущего от запланированного первоначально состояния свободных и занятых ресурсов физических машин. Это, в дальнейшем, служит причиной снижения общей эффективности работы виртуализированного центра обработки данных.

Одним из подходов к решению задачи динамического распределения и перераспределения виртуализированных ресурсов является процесс, известный как «переразмещение» (replacement) виртуальных машин. Данный процесс предполагает изменение расположения виртуальных машин на физических машинах виртуализированного центра обработки данных с целью оптимизации использования ресурсов последнего. Базовым инструментом, позволяющим осуществлять переразмещение виртуальных машин без прерывания их работы,

является технология их «живой миграции» (live migration). Современные гипервизоры используют разнообразные методы реализации алгоритмов живой миграции, которые включают как предварительное (pre-copy), так и последующее (post-copy) их копирование. Этот процесс, являясь ресурсоемкой операцией, требует значительных затрат как в области вычислительных мощностей, так и в части коммуникационной инфраструктуры центра обработки данных. Подобные расходы, возникающие при выполнении живой миграции, называются накладными расходами (overheads).

Алгоритмы живой миграции виртуальных машин обеспечивают их перемещение между физическими серверами по заранее определенному плану, формируемому службой управления виртуализированного центра обработки данных. Результатом планирования, как правило, является матрица миграции, определяющая целевые физические машины и последовательность перемещения на них виртуальных машин.

Соискатель проанализировал способы формирования матриц миграции виртуальных машин, реализованные для гипервизоров. Он установил, что все рассмотренные способы реализованы для виртуализированных центров обработки данных с гомогенной структурой. В центрах с гетерогенной структурой их применение сопряжено с ограничениями, связанными с отсутствием учета миграции виртуальных машин, созданных на базе гипервизоров различных типов. В результате при выполнении операций живой миграции виртуальных машин могут возникать ошибки, обусловленные несовместимостью технологических платформ.

В виртуализированных центрах обработки данных малого и среднего масштабов процесс формирования матрицы миграции виртуальных машин осуществляется системным администратором эмпирически. Однако, в центрах крупного масштаба, а также имеющих распределенную структуру, ручное создание матрицы миграции становится неэффективным из-за: возрастающей сложности инфраструктуры, увеличения количества виртуальных машин и необходимости оперативного реагирования на динамические изменения нагрузки. В таких условиях возникает необходимость автоматизации процесса планирования миграции виртуальных машин. Одним из ключевых преимуществ автоматизации миграции является возможность решения задачи высвобождения вычислительных и коммуникационных ресурсов, например, с целью снижения энергопотребления центра (отключения свободных физических машин) или использование высвободившихся виртуализированных ресурсов для дополнительного размещения новых виртуальных машин.

В ходе исследования соискатель, рассмотрев существующие способы, а также модели и алгоритмы предметных областей многомерной векторной упаковки контейнеров и метаэвристических методов оптимизации предложил оригинальный подход автоматизации формирования оптимальной матрицы миграции виртуальных машин в виртуализированных центрах обработки данных с гетерогенной структурой.

На основе вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Бумажкиной Натальи Юрьевны, направленная на разработку специального математического и программного обеспечения процесса оптимального размещения виртуальных машин на физических машинах с целью высвобождения виртуализированных ресурсов, является актуальной.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы – 171 страница, включая 46 рисунков, 5 таблиц. Список литературы содержит 129 наименований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Представленные автором положения, выносимые на защиту, выводы по результатам моделирования и экспериментального оценивания, а также рекомендации по теоретическому и практическому применению подтверждается научно организованными экспериментами, корректным применением известных методов исследования, непротиворечивостью и воспроизводимостью результатов, полученных в процессе экспериментов.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии средств специального математического и программного обеспечения, учитывающих гетерогенную структуру центра обработки данных и влияние накладных расходов алгоритмов живой миграции виртуальных машин, которые позволяют достичь приемлемого значения коэффициента использования физических машин в сравнении с существующими решениями. Положения и выводы, содержащиеся в данной работе, могут быть использованы в развитии программных средств управления виртуализированными центрами обработки данных.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности интеграции разработанного алгоритма процесса перераспределения виртуальных машин в виде средств специального программного обеспечения в системы управления гетерогенных виртуализированных центров обработки данных, а также они могут быть использованы в проектных и научно-исследовательских организациях, занимающихся разработкой средств виртуализации.

Оценка новизны и достоверности основных научных положений, выводов и рекомендаций.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

- модель многомерного представления виртуализированных ресурсов центра обработки данных, отличающаяся дополнительным учетом нормированного значения использования ресурсов, необходимых для процесса живой миграции и позволяющая рассчитать вектор дисбаланса ресурсов для определения паросочетаний «виртуальная машина-физическая машина»;

- алгоритм процесса перераспределения виртуальных машин, основанный на метаэвристике муравьиной колонии, отличающийся учетом при расчете матрицы миграции виртуальных машин гетерогенной структуры центра обработки данных и дополнительных ресурсов для алгоритмов живой миграции, и обеспечивающий получение квазиоптимальной матрицы миграции виртуальных машин для существующей структуры гетерогенных центров обработки данных;

- имитационная модель процесса распределенных вычислений, отличающаяся представлением множества дискретных событий, связанных с изменением состояния системы глобальной схемой поведения множества децентрализованных агентов, и обеспечивающая получение значений параметров ее устойчивости в условиях динамической реконфигурации;

- архитектура программного комплекса поддержки процесса перераспределения виртуальных машин в гетерогенных центрах обработки данных,

отличающаяся реализацией механизмов встраивания в действующие программные системы.

Указанные результаты реализованы в виде специального программного модуля в состав программного обеспечения административного управления ИТ-инфраструктурой технологической компании ООО «СОВИТ» для совершенствования программного обеспечения, реализующего вычислительный процесс при динамическом распределении виртуализированных ресурсов. Также результаты внедрены в образовательный процесс Академии ФСО России в дисциплину «Администрирование операционных систем».

Результаты исследования отражены в 6 публикациях, в том числе в трех статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, одна статья – в издании, индексируемом в международной базе цитирования Scopus, а также в публикациях в других научных журналах и материалах международных и всероссийских конференций различного уровня. На элементы разработанного специального программного обеспечения получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общая оценка содержания диссертации.

Диссертация имеет четкую композицию, изложена понятно, последовательно и корректно. Логичный порядок представления материала способствует целостному восприятию содержания исследования. Среди плюсов диссертации можно отметить детальный анализ исследуемой предметной области, а также аргументированную теоретическую и практическую оценку полученных результатов.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, представлены основные научные результаты, а также приведены сведения об апробации и внедрении работы.

В первой главе рассмотрены особенности организации, а также тенденции развития и совершенствования виртуализированных центров обработки данных.

Вторая глава посвящена разработке специального математического обеспечения процесса перераспределения виртуальных машин в виртуализированных центрах обработки данных.

Третья глава посвящена разработке алгоритма перераспределения виртуальных машин, основанного на метаэвристике ACS, обеспечивающего получение матрицы миграции виртуальных машин.

В четвертой главе предложена архитектура программного комплекса поддержки процесса перераспределения виртуальных машин в гетерогенных центрах обработки данных.

В заключении подведены итоги в отношении достижения цели. Приведены основные результаты диссертационной работы. Выделены основные направления дальнейших исследований.

Замечания по диссертационной работе.

1. В п. 1.4 первой главы диссертации формулировка задачи векторной упаковки представлена в общем виде. В частности отсутствует конкретизация и детализация, которые позволили бы определить границы и особенности рассматриваемой задачи.

2. В классическом алгоритме муравьиной колонии показатель уровня феромона используется в качестве коэффициента, увеличивающего вероятность движения по некоторому отрезку маршрута. В исследовании

(п. 2.4.2.2) предлагается интерпретация уровня феромона, как меры желательности выбора пары физическая машина-виртуальная машина, но при этом не производится сравнение его предложенного формального представления с классическим.

3. В п. 3.1.2 третьей главы диссертации в предложенной интерпретации алгоритма для задачи распределения виртуальных машин на физические машины отсутствует явное указание на то, каким образом учитывается количество посещений искусственным муравьем целевой физической машины при выборе виртуальной машины.

4. По тексту работы имеются незначительные опечатки и не совсем корректные стилистические обороты.

Отмеченные недостатки носят преимущественно рекомендательный характер и не оказывают существенного влияния на достоверность и обоснованность полученных теоретических выводов и практических результатов диссертационного исследования.

Заключение. Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, в котором изложены подходы к разработке средств специального математического и программного обеспечения процесса размещения виртуальных машин в гетерогенных центрах обработки данных, что соответствует пункту 3 «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем» и пункту 9 «Модели, методы, алгоритмы и программная инфраструктура для организации глобально распределенной обработки данных» паспорта специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Полученные автором результаты имеют достаточную степень обоснования. Материал диссертации логически взаимоувязан и в его рамках по каждому из положений сделаны достаточно точные выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертационная работа отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Бумажкина Наталья Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент

директор Института автоматизации и информационных технологий

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

доктор технических наук, профессор

Громов Юрий Юрьевич

08.01.2025

Почтовый адрес: Российская Федерация,
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5

Телефон:

E-mail: gromovtambov@yandex

