

ОТЗЫВ

Официального оппонента доктора технических наук Гергеля Виктора Павловича на диссертационную работу Мелеховой Анны Леонидовны «Управление физической памятью виртуальной машины», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Актуальность темы исследования. Представленная диссертационная работа посвящена исследованию и разработке методов управления памяти гостевых операционных систем виртуальных машин, позволяющих повысить степень консолидации виртуальных серверов на физических машинах. Подобные задачи виртуализации ресурсов и их оптимальной балансировки в распределенных системах возникают во многих научных и коммерческих сферах прикладных информационных технологий, например, в облачных вычислительных сетях или облачных хранилищах данных. Методы управления памятью виртуальных машин позволяют более экономно выделять ресурсы системы под требуемые задачи, а также сокращать затраты на техническое обслуживание и потребление электроэнергии, что приводит к снижению финансовых издержек. Данный аспект является принципиальным, поскольку, несмотря на высокие темпы развития производительности современных компьютерных систем, всегда существуют научные и практические приложения, для которых имеющихся ресурсов оказывается недостаточно. Программный инструментарий, реализующий эффективные методы управления памятью виртуальных машин, в настоящее время высоко востребован. Этот факт обуславливает актуальность темы проведенного автором диссертационного исследования.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа содержит введение, пять глав, заключение и список цитируемой литературы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, изложены основные цели исследования и выносимые на защиту результаты, а также краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе приводится обзор и классификация современных алгоритмических решений по управлению физической памятью виртуальных машин.

Изучен также вопрос создания эффективных комбинаций алгоритмов. Особое внимание уделено алгоритму фиктивного занятия физической памяти (ballooning). Распространенность этого алгоритма обусловлена достаточно высокой эффективностью, простотой реализации и незначительным влиянием на производительность системы при значительной экономии ресурса памяти. В диссертационном исследовании отмечен также такой недостаток метода как возникающая гостевая подкачка, вызывающая заметное падение производительности. Автор указал решение подобной проблемы путём ограничения фиктивно занятой памяти размерами рабочего набора и обеспечил логику перехода к формулировке проблемы эффективной оценки размера рабочего набора гостевой операционной системы. В работе раскрыты причины сложности этой задачи, вызванные искажениями любой оценки размера рабочего набора как со стороны гостевой системы, так и гипервизора. Анализ решений этой проблемы в разнообразных гипервизорах также приводится автором в первой главе. В целом проведенный обзор современных научных публикаций дает надлежащее представление об актуальном состоянии исследуемого вопроса.

Во второй главе исследуются две категории методов, позволяющих оценить размер рабочего набора гостевой операционной системы. Сравнение характеристик гостевых и виртуализационных счетчиков показало, что системные события, отображаемые каждой из категорий, имеют существенные различия. Примерами демонстрируется, что гостевые счетчики отражают суммарный объем виртуальной памяти процессов и размер закрепленной памяти, но не фиксируют страничные промахи. Разнообразие рассмотрено и как недостаток, выражающийся в вариативности интерфейсов гостевых счётчиков даже в версиях одного семейства операционных систем. В результате сравнения двух категорий счетчиков сделан вывод об оценивании состояния памяти по виртуализационным счетчикам как более экономичным и простым для реализации.

В третьей главе была изучена гомогенность измерений виртуализационных счетчиков. Результаты анализа выборки от близких версий Windows двухвыборочными критериями согласия Андерсона, Вилкоксона и Зигеля—Тьюки выявили, что измерения не принадлежат одному закону распределения. Исходя из

этого диссертант пришел к заключению, что даже в близких версиях операционных систем реализованы значительно отличающиеся менеджеры памяти (или разнятся их настройки). Поскольку корреляция между виртуализационной статистикой и изменением объема рабочего набора не была выявлена, автором было предложено использовать счетчики гостевых операционных систем для построения методов оценки состояния памяти.

Четвертая глава посвящена экспериментальному оцениванию размера рабочего набора по гостевым счетчикам операционных систем Microsoft Windows 7 и Windows 8. Автор выявил список значимых гостевых счетчиков и получил эмпирическое выражение для размера рабочего набора. В диссертационном исследовании показана справедливость разработанной оценки для 64-битных операционных систем Windows 7 и Windows 8. Подчеркнуто такое важное достоинство алгоритма как универсальность, облегчающее разработку системы управления памятью. Кроме того, с помощью теста PCMark оценка эмпирически корректируется на размер кэш памяти операционной системы.

В пятой главе оценка размера рабочего набора уточняется с помощью показателей виртуализационных счётчиков. В улучшенном алгоритме размер фиктивно занимаемой физической памяти корректируется эмпирическим параметром зазора, определяемым по предложению автора методами обучения с подкреплением. Диссертант создал и отладил программную реализацию алгоритма, а также внедрил её в продукт Parallels Server и Linux KVM. Разработанное автором решение показало экономию 40% памяти при сохранении производительности, что свидетельствует о его прикладной значимости. Диссертант выполнил цикл экспериментальных исследований на облачной инфраструктуре ООО «Акронис».

Приведенный обзор подтверждает, что диссертационная работа представляет результаты полного цикла научного исследования: постановка проблемы, анализ существующих подходов, выделение спектра нерешенных вопросов, разработка более эффективного решения поставленной проблемы, реализация и практическая апробация предложенных методов.

Положения, выносимые на защиту. Основные положения, выносимые на защиту, состоят в следующем.

1. Алгоритм управления физической памятью виртуальной машины;
2. Обоснование эффективности алгоритма управления;
3. Реализация алгоритма в виде комплекса программ системы управления памятью как часть программного комплекса Parallels Server.

Данные положения соответствуют современному состоянию предметной области, теоретически и экспериментально обоснованы, апробированы в практическом приложении.

Замечания к диссертационной работе. Наряду с отмеченными положительными моментами, к диссертационной работе могут быть высказаны следующие замечания.

1. При достаточно четком и грамотном изложении материала, в диссертационной работе можно отметить ряд неточностей и опечаток (по всей диссертации сбита нумерация таблиц, на стр. 63 опечатка «данных» вместо «данных», в таблице 10 опечатка «Бадд» вместо «Балл», заголовок 2.2 на стр. 30 является «висячим» и т.п.).

2. В параграфе 1.2 при обзоре алгоритмов вытеснения не упоминается оптимальная стратегия. Данная стратегия является практически не реализуемой (для ее применения надо знать все последующие запросы к памяти), однако может быть использована для оценки эффективности используемых алгоритмов вытеснения.

3. В третьей главе при проведении теста vConsolidate недостаточно представлен спектр сравниваемых гипервизоров виртуальных машин с механизмом фиктивного занятия физической памяти. Желательно при дальнейшем развитии исследования расширить количество сравниваемых систем.

4. В параграфе 5.3 при проведении тестовых испытаний достигнуто 40% сокращение потребляемой памяти без какой-либо потери эффективности функционирования системы. Данный результат очень хороший, однако для получения более надежных оценок эффективности разработанных методов следует провести более представительную серию вычислительных экспериментов.

Вместе с тем, высказанные замечания не снижают научной значимости и положительной оценки диссертационного исследования автора.

Заключение по диссертации в целом. Диссертация Мелеховой Анны Леонидовны «Управление физической памятью виртуальной машины» является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой. Исследование обладает научно-теоретической и практической значимостью, её результаты имеют существенное значение для повышения эффективности использования распределенных крупномасштабных кластерных и облачных информационно-вычислительных систем. Механизмы, реализующие предложенные в диссертации методы, встроены в системы Parallels Server и Linux KVM. Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в научных изданиях, а именно: в 10 печатных работах, из них 3 в списке изданий ВАК, 3 в списках WebOfScience и SCOPUS, и один патент. Диссертация написана научным стилем и наглядно проиллюстрирована графическим и табличным материалами. Автореферат отражает содержание и основные положения диссертации.

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мелехова Анна Леонидовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Директор Института
Информационных технологий, математики и механики
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского»
доктор технических наук, профессор
E-mail: gergel@unn.ru
Тел.: (831) 462-33-56
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Гайдара, 23

В.П. Гергель

Подпись В.П. Гergеля заверяю: