



для решения задач моделирования многомерных динамических систем и процессов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» [5].

### Литература

1. Артамонов, Ю.С. Востокин С.В. Инструментальное программное обеспечение для разработки и поддержки исполнения приложений научных вычислений в кластерных системах [Текст] /Ю.С. Артамонов, С.В. Востокин //Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки – 2015 – С.785-798.
2. Gonz´alez-V´elez, H. Leyton, M. A survey of algorithmic skeleton frameworks: high-level structured parallel programming enabler [Текст] /Gonz´alez-V´elez, H. //Software: Practice and Experience – 2010 – 40(12) – С.1135-1160.
3. Царёв, Д.А. Артамонов, Ю.С. Сравнение основных возможностей и классификация облачных инструментов разработки. [Текст] /Д.А. Царёв, Ю.С. Артамонов //Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016): труды Международной научно-технической конференции /под ред. С.А. Прохорова – Самара: Издательство СНЦ РАН – 2016. – С.539-542.
4. Vostokin, S.V. Templet: A markup language for concurrent actor oriented programming [Текст] /S.V. Vostokin //CEUR Workshop Proceedings – 2016 – С.460-468.
5. Востокин, С.В. Дорошин, А.В. Артамонов, Ю.С. Применение системы Templet Web для решения задач математического моделирования с использованием высокопроизводительных систем. Управление движением и навигация летательных аппаратов [Текст] /С.В. Востокин, А.В. Дорошин, Ю.С. Артамонов //Сборник трудов XVIII Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов: Часть II. Самара, 15-17 июня 2015 г. – Самара, Изд-во СНЦ РАН – 2016 – С.17-21.

Е.В. Чернова, П.Н. Полежаев

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ МИГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН

(Оренбургский государственный университет)

Миграция виртуальных машин все больше используется в корпоративной среде. Несмотря на значительные преимущества, которые можно достичь при работе с виртуальными машинами используя миграцию, ей так же присущи недостатки. Повышение эффективности и результативности миграции виртуальных машин становится важной проблемой. В данном докладе рассматриваются проблемы, связанные с миграцией виртуальных машин, которые имеют некоторые решения, но все еще требуют дальнейших исследований.

Несмотря на нынешние достижения в технологии живой миграции, по-прежнему неизбежно короткое время простоя сервиса, работающего внутри перемещаемой виртуальной машины. Кроме того, в процессе переноса приложений может возникнуть снижение производительности за счет двойных затрат



ресурсов (в том случае если приложение работает на исходной и целевой машинах). На практике сбой, долгое время отклика или снижение производительности сервиса превращается в убытки. Все вышеуказанные расходы должны быть учтены при рассмотрении миграции виртуальных машин.

Бывают ситуации, когда текущее местоположение виртуальной машины перестает отвечать ее требованиям. Многие физические машины обладают необходимыми возможностями. Тем не менее, желательно выбирать “лучший” вариант размещения виртуальной машины. Необходимо учитывать несколько параметров, таких как физическая топология, потребляемый трафик, продолжительность миграции, непрерывность работы сервиса, потребление энергии, безопасность, задачи управления, цены и соглашения об уровне услуг [1]. Таким образом, поиск оптимального размещения виртуальных машин на физических машинах, которое уравнивает все или некоторые комбинации указанных выше целей, со временем становится сложной проблемой. Кроме того, количество физических серверов, размещенных в одном центре обработки данных, может возрасти до десятков тысяч серверов, на которых работает огромное количество виртуальных машин. Поэтому эта проблема должна быть решена масштабируемым способом. Как правило, требуется незначительные вычислительные затраты и существенные затраты на управление.

Процесс переноса виртуальных машин с помощью миграции может потреблять различные виды ресурсов, таких как процессор, диск, а также трафик на пути от исходной до целевой машины. Перегрузка памяти и сети зависит от того, сколько данных (т. е., страниц памяти и образов дисков) необходимо передать, скорости соединения, грязных страниц, а также от продолжительности процесса миграции виртуальных машин. Скорость соединения обратно пропорциональна общему времени миграции и времени простоя. Скорость передачи грязных страниц – это скорость, с которой страницы памяти в виртуальной машине будут изменены. В свою очередь, этот трафик напрямую влияет на количество страниц, которые передаются в каждой итерации копирования [2].

Существует нетривиальный компромисс между минимизацией перегрузки ресурсов и уменьшением общего времени миграции. Если большая часть таких ресурсов как трафик и процессор, выделяется для миграции, то процесс переноса будет закончен быстрее. Однако это будет негативно влиять на производительность виртуальных машин, работающих как на исходном, так и на целевом хостах, а также на трафик на пути миграции. Находить эффективные стратегии для применения методов снижения воздействия перегрузки до сих пор остается сложной проблемой, так как она требует тщательного понимания работы приложений и поиска баланса между нагрузкой ресурсов и общим временем миграции [2].

Динамическая консолидация виртуальных машин состоит из двух основных процессов: миграция виртуальных машин с перегруженных серверов, чтобы избежать снижения производительности; миграция виртуальных машин с малоиспользуемого сервера для улучшения использования ресурсов и минимизации энергопотребления. Одним из ключевых решений является определение



лучшего времени для миграции, чтобы минимизировать потребление энергии, удовлетворяя заданным ограничениям QoS [3]. После принятия решения о миграции виртуальных машин с перегруженного сервера необходимо выбрать одну или несколько целевых машин. Проблема состоит в определении оптимального подмножества виртуальных машин для миграции, которые обеспечат наиболее выгодную конфигурацию системы. Определение оптимального размещения виртуальных машин, выбранных для переноса на другие сервера является еще одним важным вопросом, который влияет на качество консолидации виртуальных машин и потребление энергии системой.

Для того чтобы сохранить энергию, консолидация виртуальных машин должна использоваться в сочетании с динамическим переключением режимов питания узлов. Для оптимизации потребления энергии и отсутствие нарушений требований качества обслуживания, необходимо рационально определить, когда и какие физические узлы должны быть выключены для экономии энергии, или включены при увеличении спроса на ресурсы [4, 5].

Возможность сохранить тот же IP-адрес виртуальной машины при миграции помогает минимизировать сбои в работе сервиса. Существующие решения для миграции в пределах одного ЦОД по-прежнему имеют недостатки, поскольку они требуют дополнительных функций, которые должны быть доступны на коммутаторе (например, пересылка IP-, MAC-адресов) или они несут высокие накладные расходы (например, инкапсуляция данных). Разработка приложения или решения транспортного уровня для обработки прерывания обслуживания сервера во время миграции требует изучения этого направления.

Основная задача глобальной миграции – позволить виртуальным машинам быть перенесёнными в соответствии с спросом на услуги. Одна из главных проблем – как обеспечить постоянную доступность услуг, предлагаемых виртуальной машиной. Важным параметром является время миграции, которое в значительной степени зависит от размера виртуальной машины и производительности глобальной сети. Производительность является достаточно сильно меняющимся параметром, увеличение которого вызывает серьезные опасения относительно возможности обеспечения быстрой и надежной глобальной миграции. Решением может служить выделенная линия для поддержки миграции виртуальных машин, однако, не всегда можно гарантировать такие линии между удаленными узлами. В идеале, методы миграции должны быть приспособлены к динамичности глобальной сети.

Наконец, существует также задача, заключающаяся в выборе момента времени, когда миграция через глобальную сеть должна быть вызвана. Для решения учитываются многие факторы. Например, виртуальную машину можно перенести ближе к сторонним службам, используемыми размещенными приложениями, в целях сокращения времени реагирования. Другой вариант - переместить виртуальную машину ближе к конечным пользователям для повышения производительности путем сокращения задержки доступа к услугам. Расходы на хостинг могут также играть роль в принятии такого решения. Подобные затраты зависят не только от потребляемой мощности, которая может от-



личаться в разных ЦОД, но и от колебания цен на электроэнергию в каждом географическом регионе.

В ближайшем будущем количество виртуальных машин, размещенных в центрах обработки данных, значительно возрастет, что приведет к увеличению сложности управления. Должны быть учтены многие противоречивые задачи и требования, связанные с производительностью и потреблением энергии. Найти масштабируемое решение для мониторинга и определения эффективных стратегий управления решениями о миграции является проблемой, которая требует дальнейшего изучения. Необходимы автоматизированные методы управления миграцией для устранения сложности и проблем масштабируемости. Кроме того, схемы управления должны также учитывать вопрос о реорганизации элементов сети (например, межсетевые экраны, таблицы маршрутизации, списки контроля доступа) после миграции виртуальных машин.

Другой вопрос, возникающий из-за миграции виртуальных машин, – это новые уязвимости безопасности, которые могут использоваться злоумышленниками [6]. Это особенно актуально в публичных облачных средах, где виртуальные машины принадлежат нескольким арендаторам с потенциально конфликтующими интересами или расположены в одном центре обработки данных. В частности, уязвимости в системе безопасности могут произойти на 3 разных уровнях:

1. Планирование управления: злоумышленники используют ложные команды, которые вызывают перенос виртуальной машины в нежелательные места, например, на перегруженную машину, что приводит к сбоям в работе.

2. Планирование данных: миграция виртуальной машины требует переноса памяти и содержимого дисков через несколько машин и сетей. Злоумышленник может прослушивать или активно манипулировать передаваемым содержанием.

3. Модуль миграции: должен быть защищен, чтобы не позволить пользователям получать полный доступ к виртуальной машине, которая будет переноситься.

В целях обеспечения безопасности живой миграции виртуальных машин, необходимо разработать методы, которые предотвращают несанкционированный доступ и контроль над инфраструктурой виртуализации, так же как перехват и манипуляции содержимым виртуальной машины во время миграции.

Для проблем, рассмотренных выше, уже разработаны некоторые решения. Однако разработка новых технологий виртуализации, развитие глобальных сетей, увеличение количества виртуальных машин приводит к тому, что существующие подходы недостаточно хороши. Требуется детальное изучение всех факторов и разработка новых универсальных и масштабируемых методов, объединяющих в себе несколько решений.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-29-09639 офи\_м), Президента Российской Федерации, стипендии для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).



### Литература

1. Goudarzi H., Ghasemazar M., Pedram M. SLA-based optimization of power and migration cost in cloud computing //Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid), 2012 12th IEEE/ACM International Symposium on. – IEEE, 2012. – С. 172-179.
2. Kapil D., Pilli E. S., Joshi R. C. Live virtual machine migration techniques: Survey and research challenges //Advance Computing Conference (IACC), 2013 IEEE 3rd International. – IEEE, 2013. – С. 963-969.
3. Beloglazov A. Energy-efficient management of virtual machines in data centers for cloud computing : дис. – 2013.
4. Galloway J. M. A cloud architecture for reducing costs in local parallel and distributed virtualized cloud environments : дис. – The University of Alabama TUSCALOOSA, 2013.
5. Strunk A., Dargie W. Does live migration of virtual machines cost energy? //Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2013 IEEE 27th International Conference on. – IEEE, 2013. – С. 514-521.
6. Mouftah H. T. (ed.). Communication Infrastructures for Cloud Computing [Текст] / IGI Global, 2013.

Е.И. Чигарина, К.С. Заикин

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ «СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТНО-РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В системах баз данных проектирование включает этапы концептуального, логического и физического проектирования. Этап концептуального проектирования реализуется с использованием модели «сущность-связь». На логическом уровне представления данных используют такие модели, как иерархические, сетевые, реляционные, объектные и объектно-реляционные.

В объектно-реляционной модели данных используются такие понятия, как классы объектов, инкапсуляция, полиморфизм, наследование. Модель «сущность-связь» в реляционных базах данных трансформируется на понятия отношение, кортеж, поле. В объектно-реляционных базах данных кроме перечисленных понятий используется понятия класса, объекта и значения.

В данной работе определяется соотношение составных частей модели «сущность-связь» основным элементам объектно-реляционных БД:

- сущность соответствует классу;
- экземпляр сущности соответствует объекту;
- атрибут соответствует значению.

Значения могут быть атомарными или структурными. Структурные значения строятся из значений или объектов, представленных своими идентификаторами, с помощью конструкторов множеств, кортежей и списков. Элементы