

# РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ВИРТУАЛЬНОГО ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

**Болодурина И.П. д.т.н., профессор; Парфёнов Д.И. к.т.н.  
Оренбургский государственный университет**

На сегодняшний день актуальным решением для размещения корпоративных облачных приложений и сервисов является инфраструктура, построенная на базе виртуального центра обработки данных (ЦОД) [1-2]. Однако, на сегодняшний день у операторов традиционных ЦОД, нет достаточного набора инструментов, позволяющих организовывать доступ и управление ко всем элементам сетевой инфраструктуры [3-6]. Как правило, существующие подходы охватывают только часть ресурсов, требующих управления, поэтому в рамках настоящего исследования разработано комплексное решение для системы оптимизации управления инфраструктурой виртуального центра обработки данных.

Одним из элементов предлагаемого комплексного решения является модуль классификации и построения правил маршрутизации потоков трафика в зависимости от типа облачного приложения и передаваемых данных. В основу алгоритма положена модель классификации потоков данных программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД. Для эффективного управления потоками данных такого рода необходимо одновременно осуществлять классификацию и построение правил маршрутизации на сетевых узлах. В качестве сетевой инфраструктуры для разрабатываемого программно-алгоритмического решения, в рамках исследования выбрана программно-конфигурируемая сеть, выступающая в роли среды передачи данных в виртуальном ЦОД и позволяющая вносить изменения в правила управления трафиком в режиме реального времени. Предлагаемая реализация позволяет группировать потоки трафика, циркулирующие внутри виртуального ЦОД в зависимости от типов приложений и передаваемых данных. Для эффективной классификации потоков трафика используются методы интеллектуального анализа данных (Data Mining). За счет интеллектуальной составляющей предлагаемый подход обладает свойством самоорганизации и позволяет обнаруживать и динамически создавать новые классы приложений в зависимости от следующих параметров: текущей структуры виртуального ЦОД, приоритетных задач, решаемых в нем, а так же характера и объема данных, передаваемых между узлами сети. Реализованный модуль классификации и построения правил маршрутизации потоков трафика в зависимости от типов приложений и передаваемых данных можно представить в виде двух компонентов. Первый представляет собой решение классической задачи машинного обучения, направленной на определение основных признаков и разбиения всего множества потоков трафика на группы относительно построенных ассоциативных правил. Второй основан на

подходе, позволяющем агрегировать все передаваемые потоки в единой аналитической системе сбора данных. Для решения поставленной задачи и с целью обеспечения параметров QoS сформулирована оптимизационная задача нахождения кратчайшего пути от отправителя до получателя одноадресного трафика. В качестве весов дуг используются задержки, которые должны минимизироваться. Для решения данной задачи используется классический алгоритм Дейкстры. Для маршрутизации многоадресного трафика предлагается использовать такое же сочетание двоичного поиска и алгоритма Йена. Ключевой особенностью предлагаемого решения является результат, представляемый в виде поддерева маршрутов, входящих в дерево кратчайших путей, полученного по алгоритму Дейкстры или Йена, в котором корневая вершина – отправитель, листья – получатели трафика. Конкурентным преимуществом используемого подхода является возможность внедрения предлагаемого алгоритма не только на сетевых узлах, но и на контроллере сети ЦОД. Используя предлагаемый подход элементы сети виртуального ЦОД преобразуются в множество виртуализированных модулей. Каждый модуль выполняет обработку и анализ проходящего трафика. Все собранные и проанализированные сведения передаются в агрегированной и сжатой форме в единый центр управления сетью, где они преобразуются в соответствующие правила контроллера согласно стандарту OpenFlow. Далее построенные и верифицированные правила маршрутизации трафика распространяются по сети виртуального ЦОД. Использование протокола OpenFlow в качестве базы для обмена информацией позволяет легко интегрировать предлагаемое решение в платформу виртуализации, такой как OpenStack и подобных, поскольку в них уже имеются соответствующие модули взаимодействия с OpenFlow контроллером для управления сетевой связностью запускаемых виртуальных машин. Кроме того использование предлагаемого распределенного решения позволяет избежать проблемы с дефрагментацией трафика, возникающей при поступлении большего количества мелких пакетов с высокой интенсивностью.

В рамках выполнения исследования определено, что поиск оптимального маршрута в распределенной программно-конфигурируемой сети, состоящей из большого числа узлов может занимать значительное время. В основном это связано с большим количеством альтернативных маршрутов между узлами сети. Для сокращения времени, затрачиваемого на поиск оптимального маршрута, в рамках исследования предложено решение, направленное на оптимизацию объектов, задействованных в маршрутизации трафика. Для этого необходимо оптимальным образом разместить имеющиеся объекты внутри ЦОД. Поэтому следующим элементом комплексного программно-алгоритмического решения является задача поиска и определения оптимальной схемы размещения объектов виртуального ЦОД в программно-управляемой инфраструктуре. В основу модуля планирования размещения объектов программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД на физической инфраструктуре положена построенная на первом этапе проекта имитационная модель. Полученные на этапе

моделирования данные о законах распределения и интенсивности поступления запросов различных видов трафика при помощи построенного алгоритма анализируется с применением нейросетевого подхода. Для решения оптимизационной задачи разработан алгоритм, осуществляющий мониторинг инфраструктуры виртуального ЦОД, а так же планирование размещения и запуск объектов сетевой инфраструктуры на базе контейнеров и/или виртуальных машин. Подход, применяемый в предложенном алгоритме управления размещением сетевых объектов, позволяет учитывать способ размещения и организовывать работу виртуального ЦОД с учетом циркулирующих потоков трафика, регулируя при этом количество запущенных экземпляров каждого элемента сети.

Кроме сетевых объектов в инфраструктуре виртуального ЦОД размещаются сервис-ориентированные приложения, нагрузка на которые формируется неравномерно. Это оказывает существенное влияние на качество обслуживания поступающих в виртуальный ЦОД запросов пользователей. Для решения данной задачи в рамках настоящего НИР предложено решение, основанное на ансамбле моделей, включающем в себя классификации потоков данных программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД и модель сервис-ориентированного приложения, а также модель программно-управляемого масштабируемого хранилища данных. Построенный алгоритм планирования размещения сервис-ориентированных приложений для решения оптимизационной задачи осуществляет сбор данных с системы мониторинга программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД. Подход, применяемый в предложенном в НИР алгоритме, основан на интеллектуальном анализе поступающих данных. Это позволяет определить оптимальный метод размещения и организовывать работу виртуального ЦОД с учетом входящего потока запросов пользователей, регулируя при этом число запущенных экземпляров приложений и сервисов. Гибкость предлагаемого решения обусловлена виртуализацией хранилища данных. Это позволяет динамически изменять расположение приложений в облачной системе относительно физических устройств, что дает возможность предоставлять непрерывный доступ к приложениям и сервисам. Предлагаемое решение прозрачно для клиента и масштабирует облачные приложения на несколько виртуальных устройств хранения. Это обеспечивает сокращение времени отклика приложения, а так же повышает отказоустойчивость всей системы в целом.

Для оценки эффективности перечисленных алгоритмических решений, применяемых для организации доступа к сервис-ориентированным приложениям, расположенным в программно-управляемой инфраструктуре виртуального ЦОД, в рамках НИР решена задача разработки универсальной системы количественных и качественных оценок и метрик. В основу предлагаемой системы положены базовые параметры, предлагаемые в методологии IT Infrastructure Library (ITIL), а также характеристики, учитываемые при формировании Service Level Agreement (SLA). На базе SLA в виртуальном ЦОД формируются требования к качеству обслуживания в сети.

Оценка построенных модулей проводилась с использованием симулятора программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД. Построенное в рамках НИР программное обеспечение позволяет задавать различные конфигурации инфраструктуры виртуального ЦОД, а так же проводить с их помощью исследование алгоритмов маршрутизации трафика. В симуляторе реализована возможность выбора между классическим алгоритм Дейкстры и алгоритмом, применяемым для многопутевой маршрутизации (алгоритм Йена). Построенное программное средство позволяет применять каждый из разработанных алгоритмов в отдельности и проводить сопоставительный анализ полученных результатов. Кроме того, разработанный симулятор позволяет генерировать потоки заявок различной интенсивности для нескольких классов облачных приложений и сервисов, а так же создавать динамические топологии, применяемые при развертывании виртуального ЦОД. Исследование всех алгоритмов проводилось на традиционных статистических выборках, применяемых для специализированных нагрузочных тестов сетевого оборудования.

В рамках экспериментальных исследований установлено, что созданный подход позволяет с высокой точностью повторять поведение оборудования при различных режимах работы. Проведенные с использованием симуляторов экспериментальные исследования показали не только эффективность предлагаемых в рамках НИР решений, но и существенный рост производительности относительно традиционных методик, применяемых в протоколе OpenFlow. Так, предлагаемые в НИР алгоритмические решения позволяют сократить время отклика приложений и сервисов на 15-20%.

Разработанные алгоритмические решения, основанные на гибридных методах виртуализации и использующие нейросетевой подход к определению оптимальных мест размещения приложений и сервисов виртуальном ЦОД, позволяют сократить накладные расходы на поддержание инфраструктуры на 20-25% за счет эффективного распределения нагрузки на физические устройства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 16-37-60086, 16-07-01004, 18-07-01446) и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-1624.2017.9).

#### *Список литературы*

1 Парфенов, Д. И. Оптимизация управления размещением виртуальных сетевых функций в виртуальном центре обработки данных с использованием нейросетевого подхода [Электронный ресурс] / Болодурина И. П., Парфенов Д. И. // Экономика и менеджмент систем управления: науч.-практ. журнал, 2017. - № 3.1 (25). - С. 143-151.

2 Парфенов, Д. И. Оптимизация управления распределением трафика в программно-управляемой инфраструктуре виртуального ЦОД на основе имитационной модели [Электронный ресурс] / И. П. Болодурина, Д. И. Парфёнов // Вестник ВГУИТ, 2017. - Т. 79, № 1. - С. 99-105.

3 *Ворожцов, А.С. Динамическое распределение вычислительных ресурсов центров обработки данных / Ворожцов А.С., Тутова Н.В., Тутов А.В. // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт, 2016. - Т. 10. № 7. - С. 47-51.*

4 *Зотов, И.А. Алгоритм распределения ресурсов в центрах обработки данных с единым планировщиком для различных типов ресурсов / Зотов И.А., Костенко В.А. // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления, 2015. - № 1. - С. 61-71.*

5 *Вдовин, П.М. Сравнение различных подходов к распределению ресурсов в центрах обработки данных / Вдовин П.М., Зотов И.А., Костенко В.А., Плакунов А.В., Смелянский Р.Л. // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления, 2014. - № 5. - С. 71-83.*

6 *Алексанков, С.М. Модели динамической миграции с итеративным подходом и сетевой миграции виртуальных машин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2015. - Т. 15. № 6. - С. 1098-1104.*