

УДК 004.75

**СПОСОБ МАСШТАБИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ
ПРИЛОЖЕНИЙ В ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНОГО ОБЛАКА**

**доктор технических наук, профессор, Кулаков Ю. А.,
Лопушен Е. Ю.**

Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт им. Игоря Сикорского», Украина, Киев

В статье рассмотрена проблема масштабирования распределённых приложений в условиях меняющейся нагрузки. Проанализированы возможности масштабирования приложений в программно-конфигурируемых сетях. Предложен способ масштабирования приложений, который за счёт использования технологии SDN, позволяет повысить эффективность использования ресурсов кластера. Решение основано на динамическом масштабировании кластера, а в случае нехватки ресурсов – подключении облака. Разработан алгоритм масштабирования распределённого приложения в программно-конфигурируемых сетях с использованием гибридного облака, позволяющий оптимально использовать ресурсы кластера и облака при изменении нагрузки на приложение.

Ключевые слова: программно-конфигурируемая сеть, SDN-контроллер, контроллер OpenDaylight, масштабирование, кластер, распределённое приложение, гибридное облако.

Доктор технічних наук, професор, Кулаков Ю. А., Лопушен Є. Ю. Спосіб масштабування розподілених застосунків в програмно-конфігурованих мережах з використанням гібридної хмари //

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна, Київ

В статті розглянута проблема масштабування розподілених застосунків в умовах змінного навантаження. Проаналізовані можливості масштабування застосунків в програмно-конфігурованих мережах. Запропонований спосіб масштабування застосунків, який за рахунок використання технології SDN, дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів кластера. Рішення засноване на динамічному масштабуванні кластера, а у випадку недостачі ресурсів – підключенні хмари. Розроблений алгоритм масштабування розподіленого застосунку в програмно-конфігурованих мережах з використанням гібридної хмари, що дозволяє оптимально використовувати ресурси кластера та хмари при зміні навантаження на застосунок.

Ключові слова: програмно-конфігурована мережа, SDN-контролер, контролер OpenDaylight, масштабування, кластер, розподілений застосунок, гібридна хмара.

Doctor of Technical Sciences, Professor J. O. Kulakov, J. J. Lopushen The way of scaling distributed applications in software-defined networks using hybrid cloud / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine, Kyiv

In this article, the problem of scaling of distributed applications has been examined. Possibilities of scaling applications in software-defined networks have been analyzed. A way of scaling applications, which allows increasing the efficiency of cluster resources usage by using SDN technology, was suggested. The solution is based on dynamic scaling of the cluster, and in case of insufficient resources – adding cloud to the cluster. The algorithm of scaling of a distributed application in software-defined networks using hybrid cloud has been developed, that allows to

use cluster and cloud resources in an optimal way, while the load is changing.

Key words: software-defined network, SDN-controller, Opendaylight controller, scaling, cluster, distributed application, hybrid cloud.

Введение. К современным Web-приложениям предъявляются строгие требования к способности стабильно работать под высокими нагрузками: сервисы должны быть доступными в любой момент времени. С точки зрения пользователя механизмы, обеспечивающие это, незаметны, однако решения влияют на архитектуру приложения и инфраструктуру, внутри которой приложение выполняется.

Для приложений, работающих по принципу SaaS (Software as a service), качество обслуживания (QoS) является важным показателем, так как в условиях высокой конкуренции пользователи могут быстро переходить от одного сервиса к другому, предоставляющему те же возможности, но с более высоким уровнем качества обслуживания. В условиях повышенной нагрузки необходимо иметь возможность обрабатывать нужное количество запросов, а при снижении - уменьшать количество задействованных ресурсов. Такой подход снижает затраты на содержание инфраструктуры.

Для стабильной работы при меняющейся нагрузке приложение должно быть масштабируемым. В данной статье рассматривается горизонтальное масштабирование, так как вертикальное масштабирование не применимо в условиях динамически изменяющейся нагрузки: вычислительные ресурсы одного сервера возможно нарастить лишь до определённого предела. При этом, приложение должно иметь доступ к ресурсам, которые позволяют

обрабатывать нужное количество запросов, а вертикально масштабировать систему не всегда возможно без её остановки.

Большинство промышленных систем имеет в своём распоряжении локальный кластер из компьютеров общего назначения или недорогих серверов. Как правило, даже если каждое приложение в системе распределённое, масштабирование происходит вручную, при этом не всегда своевременно, поэтому, существует потребность в автоматическом масштабировании приложения, а при отсутствии свободных узлов - подключении вспомогательных ресурсов. Задача заключается в разработке способа динамического масштабирования распределённого приложения с использования возможностей программно-конфигурируемых сетей и ресурсов облака.

Способ масштабирования распределённых приложений на основе гибридного облака.

В работе [1] предложен способ масштабирования распределённого приложения в программно-конфигурируемых сети (SDN). Это позволяет эффективно использовать ресурсы кластера, однако, возможны перебои в работе приложения из-за резко возросшей нагрузки и, как следствия, нехватки ресурсов. Использование облака позволяет решить эту проблему. Основным преимуществом данного подхода является возможность подключения узлов по требованию, практическое отсутствие ограничений на количество узлов, гарантия доступности, широкий выбор конфигураций.

Важным преимуществом SDN, которое используется в предложенном способе является централизация управления сетью в контроллере [2]. SDN-контроллеру доступна информация о топологии

сети и трафике, а система мониторинга ресурсов отслеживает статистику загрузки ОЗУ, процессоров, диска узлов и т.д.

Так как SDN контроллер также является программным обеспечением, как и система мониторинга, возможно обеспечить их взаимодействие через любой удобный программный интерфейс. В самом простом случае, если критерием нагрузки узла является количество приходящего на узел трафика, в качестве системы мониторинга может выступить сам контроллер.

В условиях растущей нагрузки возможны ситуации, когда ресурсов всего кластера недостаточно: все узлы заняты приложениями и ни одно из их невозможно масштабировать, пока ресурсы не будут освобождены. Такие ситуации распространены в реальных системах, а одним из способов решения данной проблемы является использование гибридного облака [3].

По своей сути, рассмотренный кластер является частным облаком: в кластере выполняются приложения, принадлежащие одной организации. Узлы находятся в одной физической сети, при этом каждый узел принадлежит программно-конфигурируемой сети, которая также является частным облаком. Гибридное облако - это комбинация как минимум одного частного облака и одного публичного [4]. Доступ к публичному облаку не является проблемой для системы, имеющей выход в Интернет: множество компаний предоставляет доступ к вычислительным ресурсам с оплатой по факту использования, а также инструменты для автоматической конфигурации такого облака [5].

На рис. 1 представлена схема гибридного облака, позволяющего масштабировать распределенные вычисления в SDN.

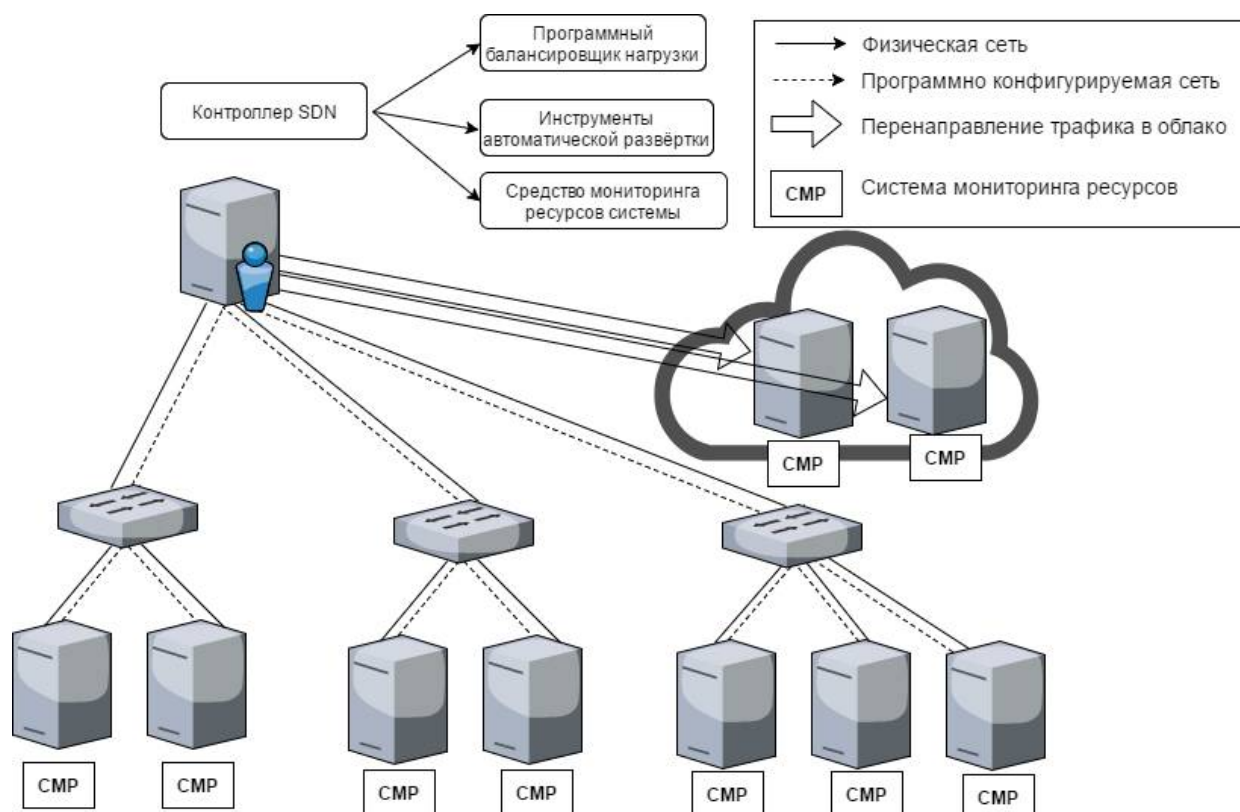


Рис. 1. Схема гибридного облака для масштабирования распределённого приложения в SDN

Возможности SDN-контроллера OpenDaylight

OpenDayLight является программным обеспечением с открытым исходным кодом, который осуществляет управление топологией сети, а также поддерживает подключение пользовательских модулей. Контроллер имеет API (в контексте SDN - так называемый «северный мост»), через который приложения получают доступ к информации о сети для дальнейшего анализа и создания сценариев реконфигурации. OpenDayLight выполняется на виртуальной машине Java, поэтому может быть запущен на любом аппаратном обеспечении с ОС с установленным Java Runtime Environment.

При помощи OSGi - технологии управления модулями в Java приложениях, в контроллере OpenDayLight реализована возможность подключить пользовательский модуль для управления сетью. Написанный на языке Java модуль в виде jar-файла с дескриптором OSGi запускается в контроллере, где модуль получает доступ к

трафику и возможности менять структуру и поведение сети. Также, OpenDayLight контроллер имеет REST-интерфейс для взаимодействия со сторонним программным обеспечением.

Балансировка нагрузки на SDN контроллере

Важным преимуществом вынесения логики управления сетью в SDN является возможность программной балансировки нагрузки [6][7][8].

Контроллер предоставляет API для управления таблицей маршрутизации, алгоритм может быть реализован на любом поддерживаемом языке программирования. Поскольку контроллеру доступна статистика трафика для каждого узла кластера, возможно проанализировать загруженность кластера. При достижении определённого уровня нагрузки, контроллер принимает решение об изменении топологии сети: перестройки таблиц маршрутизации таким образом, что трафик распределяется на менее загруженные узлы. При падении значения критерия загрузки узлов до определённых значений изменяется количество узлов в кластере: узлы отключаются от программно-конфигурируемой сети. Таким образом, повышается эффективность использования вычислительных ресурсов, освобождаются сервера, которые могут быть использованы для других задач.

Формирование гибридного облака на основе SDN и поставщика облачных ресурсов

Кластер, рассматриваемый в данной статье, является приватным облаком: узлы находятся в закрытой физической сети и предназначены для определённых задач внутри организации. Вычислительных ресурсов приватного облака может быть недостаточно для обработки нужного количества запросов. Если приложение возможно горизонтально масштабировать, при

возникновении таких ситуаций имеет смысл подключить ресурсы публичного облака. Поставщики облачных ресурсов предоставляют большой выбор конфигураций узлов: в зависимости от характера задач подключаются узлы с большим объёмом ОЗУ, производительным процессором. Существует ряд решений для автоматизированного управления облачными ресурсами: Azure App Service, AWS CodeDeploy и т.д.

На рис. 2. Представлен алгоритм масштабирования приложения в гибридном облаке.

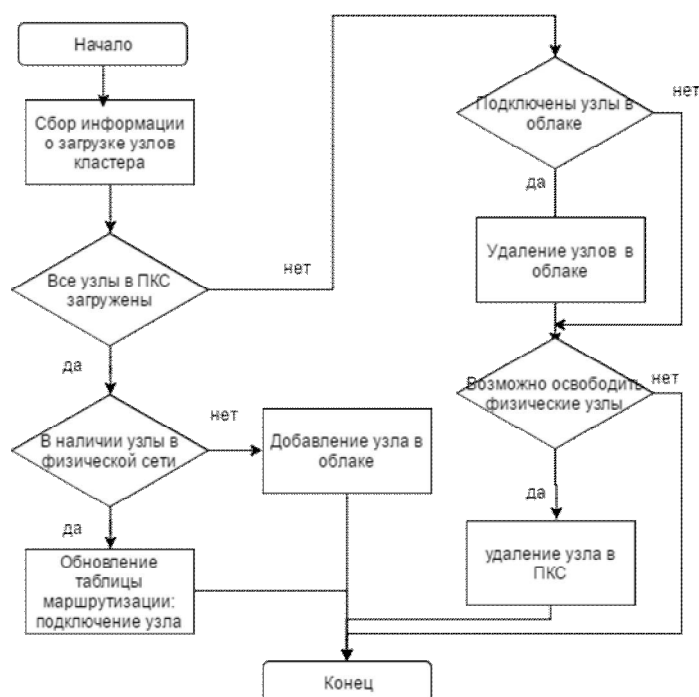


Рис. 2. Алгоритм масштабирования приложения в гибридном облаке

Реализация алгоритма производится на контроллере SDN, на любом поддерживаемом языке программирования. Алгоритм запускается с определённой периодичностью. Основные этапы алгоритма:

1. Контроллер через API системы мониторинга собирает данные о загрузке узлов. Если критерием загрузки узла является поступающий на него трафик, то в системе

мониторинга нет необходимости: информация доступна на контроллере.

2. При возрастании нагрузки контроллер определяет, если ли в сети свободные узлы, не подключённые к ПКС, если есть - подключает их к системе. Подключение и отключение узлов происходит путём изменения таблицы маршрутизации программно-конфигурируемой сети.

3. При нехватке ресурсов ПКС, контроллер, используя средства автоматического управления облачными ресурсами, выделяет в облаке узел определённой конфигурации. Балансировщик нагрузки адресует часть запросов узлам в облаке.

4. При уменьшении нагрузки на систему контроллер в первую очередь отключает облачные ресурсы, затем исключает лишние узлы из программно-конфигурируемой сети.

Выводы. В данной статье предложен способ повышения эффективности распределённых приложений в программно-конфигурируемых сетях за счёт использования гибридного облака. Предложено использование расширенной функциональности контроллера OpenDayLight для отслеживания использования ресурсов кластера и подключения публичного облака при необходимости.

В качестве дальнейшей работы над способом возможно рассмотреть дифференцирование узлов кластера на те, которые возможно перенести в публичное облако и те, которые по причине мер безопасности, юридических аспектов, критичности функционала и т.д. должны оставаться в кластере.

Литература:

1. Кулаков Ю. О., Лопушен Е. Ю. Способ масштабирования кластерного приложения в программно определяемой сети // Конференция им. Т. А. Таран «Интеллектуальный анализ информации. - 2017.
2. Nguyen V. G., Do T. X., Kim Y. H. SDN and virtualization-based LTE mobile network architectures: A comprehensive survey //Wireless Personal Communications. – 2016. – Т. 86. – №. 3. – С. 1401-1438.
3. Goyal S. Public vs private vs hybrid vs community-cloud computing: a critical review //International Journal of Computer Network and Information Security. – 2014. – Т. 6. – №. 3. – С. 20.
4. Sotomayor B. et al. Virtual infrastructure management in private and hybrid clouds //IEEE Internet computing. – 2009. – Т. 13. – №. 5.
5. Cala J., Watson P. Automatic Software Deployment in the Azure Cloud. – 2010.
6. Hu Y. et al. Balanceflow: controller load balancing for openflow networks //Cloud Computing and Intelligent Systems (CCIS), 2012 IEEE 2nd International Conference on. – IEEE, 2012. – Т. 2. – С. 780-785.
7. Dixit A. et al. Towards an elastic distributed SDN controller //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – ACM, 2013. – Т. 43. – №. 4. – С. 7-12.
8. Namal S. et al. SDN based inter-technology load balancing leveraged by flow admission control //Future Networks and Services (SDN4FNS), 2013 IEEE SDN for. – IEEE, 2013. – С. 1-5.

References:

1. Kulakov Yu. O., Lopushen Ye.Yu. Sposob masshtabirovaniya klasternogo prilozheniya v programmno opredelyaemoy seti //Konferentsiya im. T. A. Taran «Intellektualnyy analiz informatsii. -2017.

2. Nguyen V. G., Do T. X., Kim Y. H. SDN and virtualization-based LTE mobile network architectures: A comprehensive survey //Wireless Personal Communications. – 2016. – Т. 86. – №. 3. – С. 1401-1438.
3. Goyal S. Public vs private vs hybrid vs community-cloud computing: a critical review //International Journal of Computer Network and Information Security. – 2014. – Т. 6. – №. 3. – С. 20.
4. Sotomayor B. et al. Virtual infrastructure management in private and hybrid clouds //IEEE Internet computing. – 2009. – Т. 13. – №. 5.
5. Cala J., Watson P. Automatic Software Deployment in the Azure Cloud. – 2010.
6. Hu Y. et al. Balanceflow: controller load balancing for openflow networks //Cloud Computing and Intelligent Systems (CCIS), 2012 IEEE 2nd International Conference on. – IEEE, 2012. – Т. 2. – С. 780-785.
7. Dixit A. et al. Towards an elastic distributed SDN controller //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – ACM, 2013. – Т. 43. – №. 4. – С. 7-12.
8. Namal S. et al. SDN based inter-technology load balancing leveraged by flow admission control //Future Networks and Services (SDN4FNS), 2013 IEEE SDN for. – IEEE, 2013. – С. 1-5.