

МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Ш. К. Шейхгасанов, Ю. В. Колотилов

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

В настоящее время широкое распространение и продвижение получили облачные вычисления (cloud computing) – среда для хранения и обработки данных, которая реализует доступ к ресурсам, распределяемым между многими пользователями. Облачные вычисления – это модель организации удаленного доступа по запросу к разделяемому набору конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть быстро выделены и освобождены с минимальными расходами на управление или взаимодействие с провайдером услуг. Использование облаков заметно сокращает расходы крупных компаний, предприятий, в том числе промышленных. Облачные технологии помогают быстро масштабировать бизнес с минимальными затратами, позволяют улучшить продуктивность наряду с упрощением многих бизнес-процессов. Облачные вычисления значительно расширяют возможности, и поэтому сейчас все крупные компании активно переходят на облачные сервисы, при этом возникают существенные проблемы с потреблением энергии. Потребление энергии облачными вычислениями остается серьезной проблемой, поскольку количество центров обработки данных продолжает расти. Предложен подход к выбору энергоэффективной облачной архитектуры, которая нацелена на снижение энергопотребления облачных приложений во всех моделях развертывания, приведены архитектуры облачных инфраструктур. Архитектура поддерживает энергоэффективность при построении, развертывании и эксплуатации сервисов.

Ключевые слова: облачные вычисления, виртуальные машины, энергопотребление, энергоэффективность, облачные архитектуры.

Для цитирования: Шейхгасанов Ш. К., Колотилов Ю. В. Методы достижения энергоэффективности в облачных вычислениях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 2. С. 77–83. DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-77-83.

Введение

Текущие тенденции в индустрии демонстрируют непрерывный рост внедрения и рыночной стоимости облачных вычислений, поскольку многие компании меняют свои бизнес-модели и продукты, чтобы адаптироваться к сервис-ориентированным перспективам. Использование облаков позволяет избежать расходов на создание и поддержание функционирования собственных центров обработки данных. Облачные вычисления как ведущий подход к информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) обеспечивают гибкую и востребованную инфраструктуру ИКТ, составляющую значительную долю от общего потребления энергии ИКТ. К 2020 г. прогнозируется нерациональное четырехкратное увеличение потребления энергии и выбросов углерода центрами обработки данных, которые используются для обслуживания облачных служб [1] и выбросы которых сопоставимы с выбросами в авиационной промышленности. Поскольку энергоэффективность находится в центре внимания правительств/учреждений ввиду обеспечения рационального, устойчивого инклюзивного роста в рамках перехода к ресурсоэффективной экономике, рассмотрение и повышение энергоэффективности облачных вычислений имеет первостепенное значение.

Исследования энергоэффективности в облачных средах привлекли значительное внимание крупных компаний и сосредоточены на многих аспектах, включая оборудование ИКТ (серверы, сети), а также программные решения, работающие поверх оборудования ИКТ (например, облачная система управления для управления облачной инфраструктурой) [2]. В этом документе рассматривается актуальный вопрос энергоэффективности в облаках, и особое внимание

уделяется проектированию и строительству облачных услуг путем внедрения инструментов в рамках эталонной энергоэффективной и самоадаптирующейся архитектуры. Такая архитектура предоставляет новые методы и инструменты для поддержки разработчиков программного обеспечения, направленные на оптимизацию энергоэффективности и минимизацию углеродного следа в результате проектирования, разработки, внедрения и эксплуатации программного обеспечения в облаках. Облачные службы состоят из нескольких общих программных компонентов, которые используются многократно. Эти компоненты затем могут быть охарактеризованы, что позволяет разработчикам программного обеспечения связать конструирование сервиса и энергопотребление. Эта взаимосвязь будет также зависеть от условий развертывания и правильной работы службы, что может быть достигнуто с помощью адаптивной среды.

Разработчикам программного обеспечения, оценивающим различные сценарии развертывания приложений, потребуются различные конфигурации установки. Например, разработчик моделирует через UML различные сценарии развертывания, которые он хочет оценить для потенциального использования в производственной среде, после чего эти модели преобразуются в описания, например XML, которые могут быть преобразованы в артефакты развертываемого виртуального формата.

Анализ существующих методов управления облачными вычислениями

Исследования специалистов во многих странах мира направлены на поддержку энергоэффективности на различных этапах жизненного цикла облачных услуг. На этапе разработки услуг определение требований включает в себя методы сбора, моделирования и обоснования потребностей в энергии, а также методы, ориентированные на линейку продуктов для моделирования и обоснования конфигурации системы [3, 4]. С точки зрения разработки программного обеспечения в связи с энергопотреблением, некоторые исследования связывают осведомленность об энергопотреблении и оптимизацию на уровне приложения и системы [5], концентрацию на профилировании энергопотребления приложения во время выполнения для итеративного сужения до «горячих точек» [7, 8], или рассматривают модели облачной архитектуры для достижения более экологических бизнес-процессов. На этапе эксплуатации услуг вопросы энергоэффективности были тщательно изучены и сосредоточены, например, на подходах к управлению энергией для распределенного управления виртуальными машинами в облачных инфраструктурах, где целью является улучшение использования вычислительных ресурсов и снижение энергопотребления при рабочей нагрузке независимо от ограничений качества обслуживания [9–11]. В совокупности автоматизированная конфигурация и реконфигурация облачных приложений, наряду с повышенной осведомленностью об энергопотреблении различных решений по развертыванию, дает возможность применения энергосберегающих технологий.

Энергоэффективная облачная архитектура

Чтобы снизить энергопотребление облачной системы, необходима эталонная архитектура, чтобы, во-первых, обеспечить энергию на всех этапах жизненного цикла вычислений, во-вторых, обеспечить энергией исполнительные механизмы для повышения и оптимизации энергоэффективности.

Рассмотрим облачные архитектуры, которые разделены на три отдельных уровня, соответствующие стандартным моделям развертывания облака.

Программное обеспечение как сервис (Software as a Service – SaaS). Пользователю предоставляется возможность использования прикладного программного обеспечения провайдера, работающего в облачной инфраструктуре и доступного из различных клиентских устройств. Контроль и управление основной физической и виртуальной инфраструктурой облака осуществляется облачным провайдером. На уровне SaaS, показанном на рис. 1, набор компонентов и инструментов взаимодействует для облегчения моделирования, проектирования и создания облачного приложения.

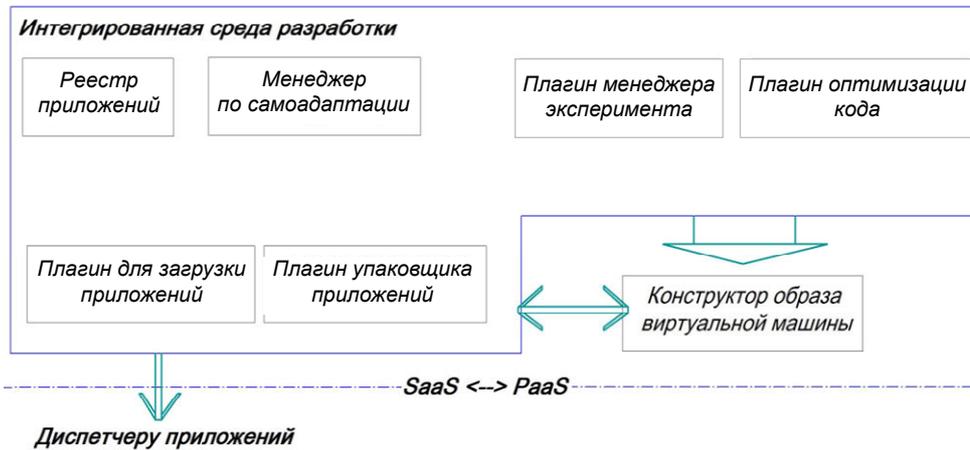


Рис. 1. Архитектура Software as a Service – программное обеспечение как сервис

Компоненты помогают оценить энергопотребление облачного приложения при его создании. Для внешнего интерфейса интегрированной среды разработки (IDE – Integrated Development Environment) предоставляется ряд плагинов, позволяющих разработчикам взаимодействовать с компонентами на этом уровне. Подключаемый модуль для требований и моделирования предоставляет разработчикам инструменты для помощи, основанные на моделировании приложения с учетом энергопотребления, а подключаемый модуль оптимизатора кода предоставляет автономные функции для профилирования энергопотребления приложения во время разработки. Наконец, плагин диспетчер экспериментов развертывания помогает связать выходные данные инструментов моделирования SaaS с рабочими нагрузками и архитектурой, учитывающей энергопотребление.

Уровень PaaS (Platform as a Service – платформа как сервис), показанный на рис. 2, обеспечивает функциональность промежуточного программного обеспечения для облачного приложения и облегчает развертывание и работу приложения в целом.

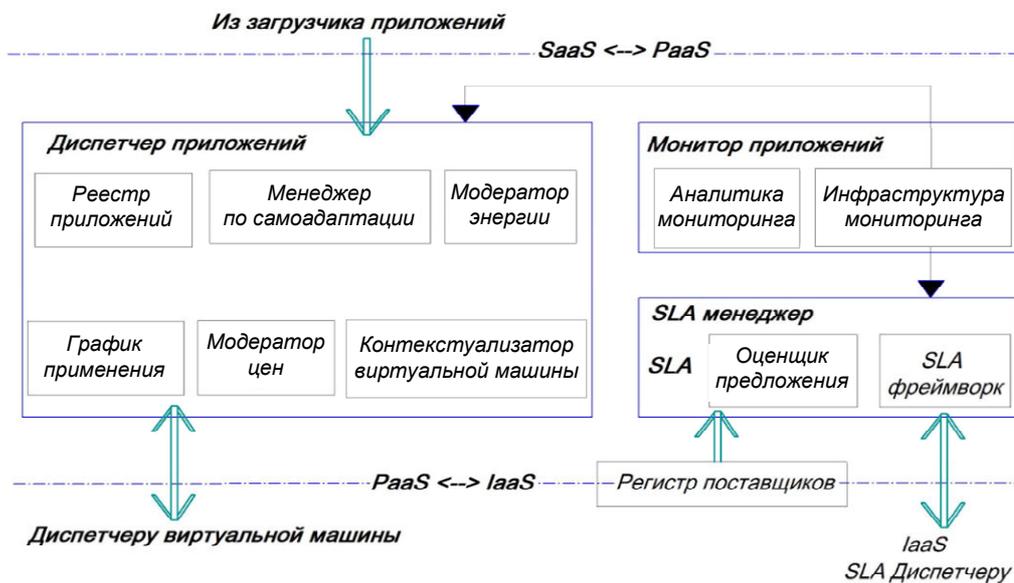


Рис. 2. Архитектура Platform as a Service – платформа как сервис

Компоненты на этом уровне отвечают за выбор наиболее подходящего поставщика энергии для заданного набора требований к энергии, сохраняемого как свойства OVF (Open Virtualization Format – открытый стандарт для хранения и распространения виртуальных машин),

и адаптацию приложения к аппаратной среде выбранного поставщика. Здесь также предусмотрен мониторинг уровня приложения, в дополнение к поддержке согласования соглашения об уровне обслуживания SLA (Service Level Agreement).

Инфраструктура как сервис (Infrastructure as a Service – IaaS). Пользователю предоставляется возможность использования облачной инфраструктуры для самостоятельного управления ресурсами обработки, хранения. Потребители развертывают собственное программное обеспечение, включая операционные системы и приложения на инфраструктуре провайдера. В слое IaaS, показанном на рис. 3, распределение, прием и управление виртуальным ресурсом выполняются через гармоничный ряд компонентов.

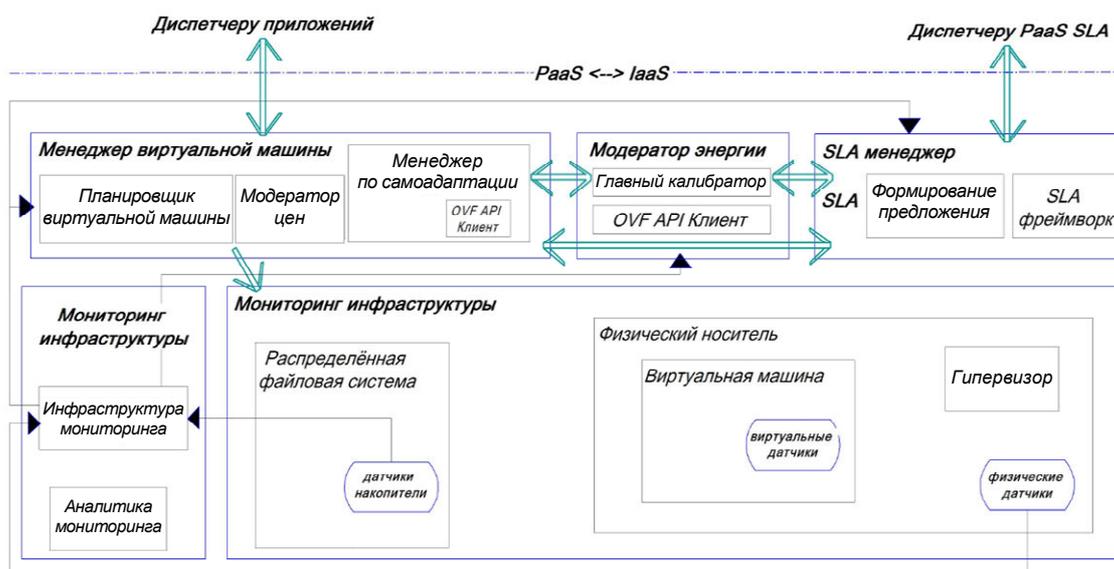


Рис. 3. Архитектура Infrastructure as a Service – инфраструктура как сервис

Менеджер виртуальных машин (VMM – Virtual Machine Manager) отвечает за управление полным жизненным циклом виртуальных машин, которые развернуты в конкретном поставщике инфраструктуры. Потребление энергии контролируется, оценивается и оптимизируется с использованием переведенных показателей уровня PaaS.

Облако *Stack Адаптация* фокусируется на энергоэффективности, необходимой для достижения динамического управления энергопотреблением на каждом из слоев облаков, другими словами:

1. Внутриуровневая адаптация: относится к локальной адаптации уровня. Он рассматривает расширения среды выполнения, чтобы иметь возможность организовывать вызов различных компонентов приложения с помощью передовых методов планирования, которые учитывают параметры энергоэффективности.
2. Межуровневая адаптация: цель состоит в том, чтобы обеспечить управление информацией между облачными уровнями для запуска других уровней для адаптации их энергетического режима, причем основное внимание уделяется обмену информацией и принятию решений между уровнями SaaS, PaaS и IaaS.

Выводы

1. Внутриуровневая адаптация: относится к локальной адаптации уровня. Она рассматривает расширения среды выполнения, чтобы иметь возможность организовать вызов различных компонентов приложения с помощью передовых методов планирования, которые учитывают параметры энергоэффективности.

2. Межуровневая адаптация: цель состоит в том, чтобы обеспечить управление информацией между облачными уровнями для запуска других уровней для адаптации их энергетического

режима, причем основное внимание уделяется обмену информацией и принятию решений между уровнями SaaS, PaaS и IaaS.

3. Главной задачей достижения энергоэффективности является возможность облачных архитектур предпринимать адаптивные действия, основанные на факторах энергопотребления, производительности и стоимости на каждом уровне архитектуры. Правильный выбор энергоэффективной архитектуры приведет к оптимизации эффективности использования энергии и минимизации углеродного следа, возникающего в результате проектирования и разработки программного обеспечения на разных уровнях разработки облачных архитектур, при одновременном поддержании других качественных аспектов программного обеспечения на должном и согласованном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тугова Н. В.* Разработка методики оптимизации распределения ресурсов центров обработки данных в сети Интернет: дис. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во МГУСИ, 2009. 183 с.
2. *Дубинин В. Н., Зинкин С. А.* Сетевые модели распределенных систем обработки, хранения и передачи данных. Пенза: Приволж. дом знаний, 2013. 452 с.
3. *Губарев В. В., Савульчик С. А., Чистяков Н. А.* Введение в облачные вычисления и технологии. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 48 с.
4. *Тихомиров П. О., Емельянов П. В., Плотник Н. С., Зырянов А. В.* Минимизация времени простоя процессов при их миграции в облачном приложении // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. 2014. Т. 12. № 4. С. 112–120.
5. *Тутов А. В., Тугова Н. В., Ворожцов А. С.* Моделирование процессов распределения ресурсов в облачных центрах обработки данных // Технологии информационного общества. М.: Издат. дом «Медиа паблишер», 2017. С. 107–108.
6. *Альжанова Д. И., Баширов А. В.* Модель SAAS в образовательном процессе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 4–5. С. 15–17.
7. *Колотилов Ю. В., Короленок А. М., Лим В. Г., Субботин В. А.* Разработка облачного хранилища для оценки технического состояния магистральных трубопроводов // Нефть, газ и бизнес. 2015. № 7. С. 59–63.
8. *Ворожцов А. С., Тугова Н. В., Тутов А. В.* Методика оптимального распределения виртуальных серверов в центрах обработки данных // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 7. С. 5–10.
9. *Мамзев А. И.* Основные принципы концепции облачных вычислений // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5. № 10. С. 58–59.
10. *Скатков А. В., Шевченко В. И.* Расширение референтной модели облачной вычислительной среды в концепции крупномасштабных научных исследований // Тр. Ин-та систем. программирования РАН. 2015. Т. 27. № 6. С. 285–306.
11. *Прудникова А., Садовникова Т.* Анализ облачных сервисов с точки зрения информационной безопасности // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 7. С. 153–156.

Статья поступила в редакцию 03.02.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шейхгасанов Шамсутдин Кадиевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры высшей и прикладной математики; sheih0113@mail.ru.

Колотилов Юрий Васильевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры высшей и прикладной математики; kolotilov_yury@mail.ru.



METHODS FOR ACHIEVING ENERGY EFFICIENCY IN CLOUD COMPUTING

Sh. K. Sheikhsaganov, Yu. V. Kolotilov

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The article considers the problem of cloud computing - the environment of data storage and processing that provides access to resources shared among multiple users. Cloud computing is a model for organizing remote access on request for a shared set of configurable computing resources that can be quickly allocated and freed with minimal management or interaction costs with the service provider. Using clouds significantly reduces the costs of large industrial companies and enterprises. Cloud technology helps scale your business quickly and with minimal cost, they can improve productivity together with simplifying many business processes. Cloud computing is vastly expanding opportunities, so that all large companies today are actively switching to cloud services. But this causes significant problems with energy consumption. The energy consumption by cloud computing remains a serious problem, as data processing centers grow in size. There has been proposed the approach to choosing an energy-efficient cloud architecture that aims to reduce the energy consumption of cloud applications in all deployment models, the architectures of cloud infrastructures being given. The architecture supports energy efficiency in building, deploying and operating services.

Key words: cloud computing, virtual machine, energy consumption, power efficiency, cloud architecture.

For citation: Sheikhsaganov Sh. K., Kolotilov Yu. V. Methods for achieving energy efficiency in cloud computing. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2020;2:77-83. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-77-83.

REFERENCES

1. Tutova N. V. *Razrabotka metodiki optimizatsii raspredeleniia resursov tsentrov obrabotki dannykh v seti Internet. Dissertatsiia ... kand. tekhn. nauk* [Developing methods for optimizing distribution of resources of data centers in the Internet. Diss. ... Cand.Tech.Sci.]. Moscow, Izd-vo MTUSI, 2009. 183 p.
2. Dubinin V. N., Zinkin S. A. *Setevye modeli raspredelennykh sistem obrabotki, khraneniia i peredachi dannykh* [Network models of distributed data processing, storage and transmission systems]. Penza, Privolzh. dom znanii, 2013. 452 p.
3. Gubarev V. V., Savul'chik S. A., Chistiakov N. A. *Vvedenie v oblachnye vychisleniia i tekhnologii* [Introduction to cloud computing and technology]. Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2013. 48 p.
4. Tikhomirov P. O., Emel'ianov P. V., Plotnik N. S., Zyrianov A. V. *Minimizatsiia vremeni prostoiia protsessov pri ikh migratsii v oblachnom prilozhenii* [Minimizing process downtime when migrating to cloud application]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Informatsionnye tekhnologii*, 2014, vol. 12, no. 4, pp. 112-120.
5. Tutov A. V., Tutova N. V., Vorozhtsov A. S. *Modelirovanie protsessov raspredeleniia resursov v oblachnykh tsentrakh obrabotki dannykh* [Modeling resource allocation processes in cloud data centers]. *Tekhnologii informatsionnogo obshchestva*. Moscow, Izdat. dom «Media pabliher», 2017. Pp. 107-108.
6. Al'zhanova D. I., Bashirov A. V. *Model' SAAS v obrazovatel'nom protsesse* [SAAS model in educational process]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2016, no. 4-5, pp. 15-17.
7. Kolotilov Iu. V., Korolenok A. M., Lim V. G., Subbotin V. A. *Razrabotka oblachnogo khranilishcha dlia otsenki tekhnicheskogo sostoianiia magistral'nykh truboprovodov* [Developing cloud storage for assessing technical condition of trunk pipelines]. *Neft', gaz i biznes*, 2015, no. 7, pp. 59-63.
8. Vorozhtsov A. S., Tutova N. V., Tutov A. V. *Metodika optimal'nogo raspredeleniia virtual'nykh serverov v tsentrakh obrabotki dannykh* [Methods of optimal distribution of virtual servers in data centers]. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport*, 2015, vol. 9, no. 7, pp. 5-10.
9. Mamzelev A. I. *Osnovnye printsipy kontseptsii oblachnykh vychislenii* [General principles of cloud computing conception]. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport*, 2011, vol. 5, no. 10, pp. 58-59.
10. Skatkov A. V., Shevchenko V. I. *Rasshirenie referentnoi modeli oblachnoi vychislitel'noi sredy v kontseptsii krupnomasshtabnykh nauchnykh issledovaniia* [Extension of reference model of cloud computing environment in concept of large-scale scientific research]. *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniia RAN*, 2015, vol. 27, no. 6, pp. 285-306.

11. Prudnikova A., Sadovnikova T. Analiz oblachnykh servisov s tochki zreniia informatsionnoi bezopasnosti [Analysis of cloud services in terms of information security]. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport*, 2012, vol. 7, pp. 153-156.

The article submitted to the editors 03.02.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sheikhgasanov Shamsutdin Kadievich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Higher and Applied Mathematics; sheih0113@mail.ru.

Kolotilov Yury Vasilievich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Higher and Applied Mathematics; kolotilov_yury@mail.ru.

