

## Виртуализация сетевой инфраструктуры учреждений образования

**В. П. Кочин**, к. т. н., доцент, начальник Центра информационных технологий

E-mail: [kochyn@bsu.by](mailto:kochyn@bsu.by)

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Ю. И. Воротницкий**, к. ф.-м. н., доцент, заведующий кафедрой телекоммуникаций и информационных технологий

E-mail: [vorotn@bsu.by](mailto:vorotn@bsu.by)

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**А. В. Жерело**, к. ф.-м. н., доцент, зам. начальника Центра информационных технологий

E-mail: [zherelo@bsu.by](mailto:zherelo@bsu.by)

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассмотрены актуальные вопросы виртуализации сетевой инфраструктуры учреждений образования. Проведен анализ литературы по данному вопросу. Предложен новый подход к созданию облачной среды виртуализации сетевой инфраструктуры учреждения образования, который основан на совместном использовании технологий виртуализации и программно-определяемых сетей. В центре обработки данных Белорусского государственного университета реализована модель, включающая виртуальные сегменты сети. Использование технологий виртуализации и программно-определяемых сетей позволяет унифицировать процесс создания сетевой инфраструктуры, масштабировать предоставляемые ресурсы по требованию с минимальными организационными и техническими затратами, адаптировать виртуальную инфраструктуру к требованиям конкретного учреждения образования.

**Ключевые слова:** облачные сервисы, виртуальные сети, маршрутизаторы, сегменты сети, виртуализация инфраструктуры

**Для цитирования:** Кочин, В. П. Виртуализация сетевой инфраструктуры учреждений образования/ В. П. Кочин, Ю. И. Воротницкий, А. В. Жерело// Цифровая трансформация. – 2020. – № 1 (10). – С. 51–56. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-1-51-56>



© Цифровая трансформация, 2020

## Virtualization of Network Infrastructure in Educational Institutions

**V. P. Kochin**, Candidate of Sciences (Technology), Associate Professor, Head of Information Technology Center

E-mail: [kochyn@bsu.by](mailto:kochyn@bsu.by)

Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030 Minsk, Republic of Belarus

**Yu. I. Vorotnitsky**, Candidate of Sciences (Phys.-Math.), Associate Professor, Head of the Department of Telecommunications and Information Technologies

E-mail: [vorotn@bsu.by](mailto:vorotn@bsu.by)

Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030 Minsk, Republic of Belarus

**A. V. Zherelo**, Candidate of Sciences (Phys.-Math.), Deputy Head of the Center for Information Technology

E-mail: [zherelo@bsu.by](mailto:zherelo@bsu.by)

Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article discusses current issues of virtualization of the network infrastructure of educational institutions. The analysis of the literature on this issue. A new approach to creating a cloud virtualization environment for the educational institution's network infrastructure is proposed, which is based on the joint use of virtualization technologies and software-defined networks. This approach allows you to unify the process of creating a network infrastructure, scale the resources provided on demand with minimal organizational and technical costs. The data processing center of the Belarusian State University has implemented a model that includes virtual network segments. Using virtualization technologies and software-defined networks allows you to unify the process of creating network infrastructure, scale the resources provided on demand with minimal organizational and technical costs, adapt the virtual infrastructure to the requirements of a particular educational institution.

**Key words:** cloud services, virtual networks, routers, network segments, infrastructure virtualization

**For citation:** Kochin V. P., Vorotnitsky Yu. I., Zherelo A. V. Virtualization of Network Infrastructure in Educational Institutions *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2020, 1 (10), pp. 51–56 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-1-51-56>

© Digital Transformation, 2020

**Введение.** Одной из устойчивых мировых тенденций развития средств информатизации в образовании является миграция к так называемым облачным технологиям (cloud computing) [1-3]. Они основаны, как правило, на централизованном хранении и анализе информации в центрах обработки данных (ЦОД), на гибких механизмах управления ресурсами и выделения их удаленным пользователям. При этом узким местом является сетевая инфраструктура, которая сдерживает внедрение новых сервисов. В качестве одной из основных проблем, возникающих при эксплуатации существующей сети, можно выделить разнообразие технологий доступа к ресурсам сети и, как следствие, разнообразие механизмов управления потоками данных в сети. Это приводит к значительным временным и ресурсным затратам на обеспечение доступа к расположенным в сети сервисам, предназначенным для обслуживания клиентов. Отдельно необходимо выделить проблему прозрачности доступа к предоставляемым сервисам, то есть пользователю необходимо дать доступ к заданному сервису вне зависимости от его расположения относительно сети – из внутренней сети учреждения или из Интернета – без ухудшения некоторого заранее определенного уровня безопасности. Одним из способов преодоления данных проблем является разработка и внедрение технологий виртуализации сетевой инфраструктуры.

Под технологией виртуализации сетевой инфраструктуры будем понимать процесс объединения аппаратных, программных, сетевых ресурсов и сетевых функций в единый программный административный объект. На данный момент сложно определить авторство данного термина, поскольку он естественным образом появился в результате развития концепции виртуализации. Более подробно с историей и актуальными на данный момент направлениями развития данной технологии можно ознакомиться в книгах [4, 5].

Технологии виртуализации сетевой инфраструктуры учреждений образования представляют собой совокупность процессов, позволяющих унифицировать доступ к информационным ресурсам и образовательным сервисам из учебного заведения и за его пределами путем выноса в виртуальную среду центра обработки данных основной части сетевой инфраструктуры учебного заведения.

**Основная часть.** Анализ литературы [6-9] позволяет сделать вывод о том, что для образования облачной среды виртуализации целесообразно использовать совокупность соответствующих технологий и программно-определяемых сетей, что позволяет унифицировать процесс создания сетевой инфраструктуры, масштабировать предоставляемые ресурсы по требованию с минимальными организационными и техническими затратами.

Реализация процесса виртуализации сетевой инфраструктуры учреждения образования предполагает последовательное выполнение следующих процессов:

- создание облачной среды виртуализации;
- проектирование моделируемой или создаваемой сетевой инфраструктуры;
- определение требований к различным реализациям виртуальных машин, воплощающих поведение задействованных вычислительных элементов;
- создание внутри сделанной ранее облачной среды совокупности сетей частного облака и внутренних сетей.

Для построения надежной системы необходимо учесть особенности архитектуры среды, на которой данная система базируется. В случае современной облачной среды основными компонентами телекоммуникационной архитектуры являются [4, 5] data plane (плоскость данных), control plane (плоскость управления) и management plane (плоскость администрирования). При вир-

туализации сетевой инфраструктуры используется подход, основанный на использовании технологии программно-определяемых сетей (Software Defined Network) в многоарендной сети (multitenant network).

При создании среды виртуализации можно выделить следующие этапы: размещение вычислительных мощностей и создание коммуникационной инфраструктуры.

На первом этапе создания облачной среды виртуализации производится установка облачной инфраструктуры. Основным требованием, предъявляемым к программному обеспечению облачной инфраструктуры, является наличие модуля для создания и обслуживания сетей различного типа внутри неё. Необходимо отметить, что данный этап является крайне важным с точки зрения технологии создания и обслуживания, так как виртуализацию сети можно осуществить и без использования программного обеспечения с указанными возможностями, однако в этом случае значительно возрастают затраты на организацию сети (занимаемое время составляет от нескольких минут до нескольких дней) и последующее обслуживание, в частности, в случае перестроения конфигурации сети. Еще одной важной функцией является ведение хранилища образов развертываемых систем, в том числе виртуальных коммутаторов, маршрутизаторов и межсетевых экранов. При условии существования среды виртуализации, позволяющей провести масштабирование по требованию, для моделирования сетевых инфраструктур учреждений могут быть использованы такие решения, как GNS3 и EVE NG [7, 8].

На втором этапе создания облачной среды виртуализации необходимо провести анализ текущих потребностей учреждения образования, на основании которого определяются конфигурация сети, размещаемой в облаке. При проектировании необходимо обратить внимание на определение зон сети, обеспечивающих взаимодействие с внешними пользователями, проведения внутренней работы учреждения и возможных промежуточных зон для создания условий проксирования информации и регулирования потока данных между условными внешним и внутренними зонами сети. Здесь и далее под проксированием будем понимать некоторую службу, выступающую в качестве посредника при взаимодействии клиента с поставщиком необходимой информации, например, служба опосредованного доступа к данным о зарегистрированных пользователях. Применение такого рода служб позволяет повы-

сить надежность и производительность поставщиков информации, так как к ним не производится непосредственного доступа и на стороне посредника можно осуществить кэширование затребованной информации в случае необходимости. В свою очередь, с целью повышения надежности функционирования проксирующих служб, вместо размещения их на одном сервере, их можно реализовать в виде отдельных виртуальных машин, объединенных одним виртуальным сетевым сегментом, который будем называть проксирующим слоем.

На рисунке 1 приведена примерная принципиальная схема виртуальной сети, обеспечивающая безопасность сетевой инфраструктуры. Блоки, отмеченные пунктирной линией, указывают на группы ресурсов, к которым, с одной стороны, необходимо предоставить доступ извне, с другой – доступ к каждому блоку услуг определяется собственным набором ограничений. По схеме взаимодействия между зонами блоки могут объединять зоны различных уровней либо находиться в рамках отдельной зоны. В качестве примера блока, функционирующего только на внешнем уровне, можно привести набор сайтов, основной задачей которых является лишь взаимодействие с внешним пользователем (например, сайт общественной организации, тематический сайт, созданный обучаемыми и т. п.).

В качестве примера блока, осуществляющего взаимодействие на нескольких уровнях, можно привести группу, состоящую из центрального сайта учреждения высшего образования и сайтов его факультетов и других структурных подразделений. В такой группе, кроме доступа из сети Интернет, необходимо предоставить возможность обмена информацией непосредственно между сайтами (например, централизованная синхронизация их некоторых рубрик). В предлагаемом подходе для такого обмена можно задействовать ресурсы промежуточной зоны. Это позволяет разделить служебный и пользовательский потоки данных, сократив тем самым нагрузку на обращенную вовне сеть.

При рассмотрении взаимодействия между сайтами необходимо отметить слабую структурированность их системы, поскольку в учреждениях образования сайты факультетов, как правило, создаются и поддерживаются силами работников и студентов самих факультетов с правом самостоятельного выбора используемых решений. Изолированность такого потока данных в рамках промежуточной зоны позволит упростить набор

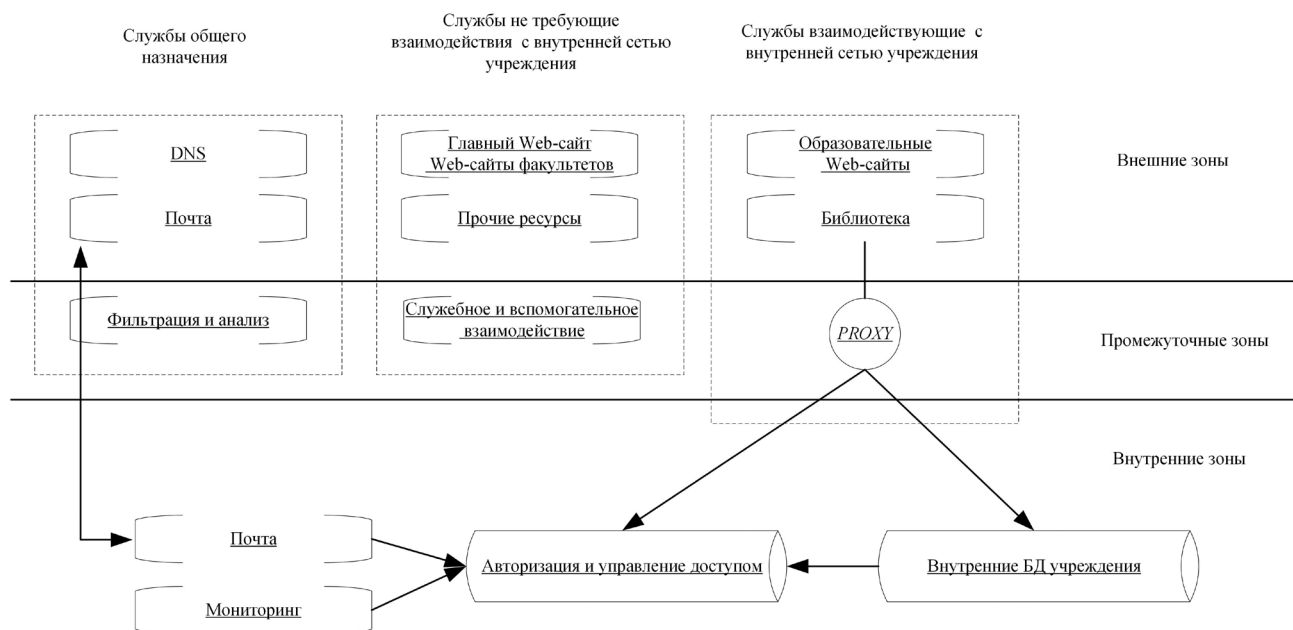


Рис. 1. Принципиальная схема виртуальной сети БГУ  
Fig.1. Circuit diagram of the virtual network of the BSU

правил, регламентирующих обмен служебными данными, и, как следствие, повысить безопасность сети учреждения в целом.

Блоки, осуществляющие взаимодействие во всех трех зонах, связаны, прежде всего, с доступом к информации о пользователях сети учреждения (студентах и сотрудниках). Так, при доступе к образовательным порталам в рамках предлагаемой схемы существует возможность создания некоторого проксирующего слоя, который предоставляет только минимальную необходимую информацию и регламентирует режим доступа к ней (например, только для чтения), не неся в себе избыточной информации, например, о структуре учреждения или о структуре его информационных ресурсов.

На основе результатов проектирования необходимо определить количество зон, их наполнение с точки зрения количества необходимых локальных сетевых сегментов и политики взаимодействия между ними.

Следующий этап – определение требований к различным воплощениям виртуальных машин, реализующих поведение задействованных вычислительных элементов. В данном случае под вычислительными элементами понимаются вычислительные системы оконечного типа (например, реализации серверов и служб общего назначения, таких как порталы, базы данных и т. д.) или системы, осуществляющие работу аналогов активного сетевого оборудования, т. е. моделирующие поведение коммутаторов, маршрутизаторов, межсетевых экранов и т. д. В совокупности

со свойством антиаффинности такой подход позволяет провести моделирование или определить сеть практически любой из существующих или проектируемых в ближайшие годы сетевой инфраструктуры для учреждений образования Республики Беларусь [4, 9].

На последнем этапе осуществляется непосредственное задание конфигураций сетей, входящих в общую виртуальную сеть, и правил их взаимодействия.

В 2018–2019 годах в Белорусском государственном университете силами Центра информационных технологий было развернуто облако, основанное на OpenStack. Для первоначальной установки были использованы следующие облачные сервисы:

- Keystone – служба идентификации;
- Nova – контроллер вычислительных ресурсов;
- Glance – библиотека образов виртуальных машин;
- Neutron – сервис «подключение к сети как услуга» между интерфейсами устройств, которые управляются другими сервисами OpenStack;
- Cinder – служба, предоставляющая блочные устройства виртуальным машинам;
- Horizon – служба обеспечивающая графический интерфейс для управления комплексом OpenStack;
- RabbitMQ – служба очередей сообщений.

В задаче определения вычислительных мощностей важным аспектом является необходимость их выделения для функционирования

облачной инфраструктуры, а также мощностей, используемых для развертывания проектируемых виртуальных машин и сетей. Таким образом, можно выделить следующие основные виды используемых в облаке вершин (серверов): управляющие, вычислительные и сетевые.

Для установки данных сервисов были выделены 3 сервера, функциональность которых определяется набором установленных на них сервисов:

Сервер 1 – контроллер. Основной задачей является общее управление ресурсами облака. На данном сервере расположены следующие сервисы: KeyStone, Glance, Cinder, Nova, Neutron, Horizon и RabbitMQ.

Сервер 2 – вычислительная вершина. Основным назначением является предоставление вычислительных ресурсов виртуальным машинам пользователей. В связи с этим на нем были установлены облачные сервисы Nova и Cinder.

Сервер 3 – сетевая вершина. Предназначен для выделения ресурсов, необходимых для создания виртуальных сетей и содержит сервисы Nova, Cinder и Neutron.

Необходимо отметить, что для повышения эффективности управления возникающим в облаке потоком данных необходимо создать три независимых сетевых сегмента, соответствующих трем основным элементам облачной архитектуры, однако в создаваемом опытном образце достаточно только одного в связи с относительно невысокой плотностью совокупного потока. Существующие в OpenStack механизмы управления сетями позволяют добавлять впоследствии сетевые сегменты в случае необходимости.

Так как размеры и сложность создаваемых виртуальных инфраструктур ограничиваются только имеющимися вычислительными мощностями, необходимо уделять особое внимание механизмам управления облаком, а следовательно, определить систему авторизации и аутентификации и предоставить механизмы удобного управления ресурсами, например, с использованием web-интерфейса.

**Заключение.** Создание виртуальной сетевой инфраструктуры учреждения образования обеспечивает повышение эффективности управления информационно-коммуникационной инфраструктурой, безопасный доступ к информационным ресурсам и облачным сервисам сети, мобильность пользователей в рамках непрерывного образовательного процесса, масштабируемость и гибкость.

Опытный образец виртуальной сетевой инфраструктуры БГУ построен на базе технологий виртуализации и программно-определяемых сетей. Для создания облачной среды выбрано решение, основанное на OpenStack. Основу среды виртуализации составляют облачные сервисы, которые обеспечивают реализацию функциональных возможностей виртуальной сетевой инфраструктуры.

В опытном образце реализована модель, включающая виртуальные сегменты сети (подсети), с помощью которых конечным пользователям предоставляются услуги, и виртуальные сегменты, которые обеспечивают представление сервисных функций. Взаимосвязь виртуальных сетей между собой и с корпоративной сетью БГУ осуществляется посредством маршрутизаторов.

Реализация проектов в рамках создания виртуальной сетевой инфраструктуры учреждения образования на базе БГУ показала, что она обеспечивает:

- хранение различных исследуемых топологий в виде отдельных проектов для последующего индивидуального или коллективного использования;
- динамическое развертывание дополнительных образов системы с целью их последующего использования в рамках образовательного процесса;
- безопасный авторизованный доступ (основанный на использовании LDAP-прокси и Read-Only ActiveDirectory сервисов) к облачным образовательным ресурсам и к ресурсам, размещенным в виртуальной локальной сети с компьютеров и мобильных устройств пользователей;
- повышенный уровень безопасности, достигающийся за счет централизованной реализации функций безопасности и управления ими;
- предоставление web-интерфейса для управления.

Использование технологий виртуализации и программно-определяемых сетей позволяет унифицировать процесс создания сетевой инфраструктуры, масштабировать предоставляемые ресурсы по требованию с минимальными организационными и техническими затратами, адаптировать виртуальную инфраструктуру к параметрам конкретного учреждения образования. Мы считаем, что предложенные в данной статье решения помогут повысить управляемость и безопасность сетей учреждений образования и надежность предоставляемых ими сервисов.

## Список литературы

1. Управление программным обеспечением и обеспечение отказоустойчивости IaaS-облака / Ю.И. Воротницкий, В.П. Кочин, В.А. Волчок, А.И. Бражук // Электроника инфо. – 2013. - №9. – с. 21-24.
2. Кочин, В.П. Управление программными проектами на основе облачного сервиса PaaS суперкомпьютера СКИФ / В.П. Кочин, А.В. Жерело // Электроника инфо. – 2013. - №9. – с. 35-36.
3. Кочин, В.П. Облачный сервис PaaS для управления программными проектами пользователей суперкомпьютера СКИФ-БГУ / В.П. Кочин, А.В. Жерело // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии (CSIST 16): Материалы международного научного конгресса, Минск, 24-27 октября 2016 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: С. В. Абламейко [и др.]. – Минск, 2016. – с.869-872.
4. Goransson, P. Software Defined Networks. A Comprehensive Approach. Second Edition/ Paul Goransson, Chuck Black, Timothy Culver/ Elsevier, 2017.-409 p.
5. Subramanian, S. Software-Defined Networking (SDN) with OpenStack / Sriram Subramanian, Sreenivas Voruganti/ Packt Publishing, 2016.-216 p.
6. Официальный сайт OpenStack. [Электронный ресурс]. Url: <https://www.openstack.org/> – Дата доступа: 20.10.2019.
7. Официальный сайт GNS3 [Электронный ресурс]. Url: <https://www.gns3.com/> – Дата доступа: 20.09.2019.
8. Официальный сайт EVE NG [Электронный ресурс]. Url: <http://www.routereflector.com/unetlab/> . – Дата доступа: 20.09.2019.
9. Официальный сайт NGINX. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://nginx.org/> – Дата доступа: 12.09.2019.

## References

1. Varatnitsky Y. I., Kochyn V.P., Volchok V.A., Brazhuk A.I. Software management and resiliency of IaaS-cloud. Electronics info. 2013, No. 9, pp. 21-24 ( in Russian).
2. Kochyn, V.P., Zherelo A.V. Management of software projects based on the PaaS cloud service of the SKIF supercomputer. Electronics info. 2013, No. 9, pp. 35-36 ( in Russian).
3. Kochyn, V.P. Zherelo A.V. PaaS cloud service for managing software projects of SKIF-BSU supercomputer users. International Congress on Informatics: Information Systems and Technologies (CSIST 16): Materials of the International Scientific Congress, Minsk, October 24-27, 2016 . Belarus. state un-t; Editorial: S.V. Ablameyko [et al.]. Minsk, 2016, pp. 869-872 ( in Russian)..
4. Goransson P. Black Ch., Culver T. Software Defined Networks. A Comprehensive Approach. Second Edition. Elsevier, 2017, 409 p.
5. Subramanian S., Voruganti S. Software-Defined Networking (SDN) with OpenStack. Packt Publishing, 2016.
6. Official website of OpenStack. Available at: <https://www.openstack.org/>. (accessed: 10/20/2019).
7. Official GNS3 website. Available at: <https://www.gns3.com/> (accessed: 09/20/2019).
8. Official website of EVE NG. Available at: <http://www.routereflector.com/unetlab/>. (accessed: 09/20/2019).
9. Official NGINX website. Available at: <https://nginx.org/> (accessed: 09/12/2019).

*Received: 04.02.2020*

*Поступила: 04.02.2020*