

УДК 378.2

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СЕТЕЙ В ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

В.А. ВИШНЯКОВ, Б.А. МОНИЧ

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»,  
ул. Ф. Скорины, 8/2, Минск, 220114, Беларусь

Поступила в редакцию 15 сентября 2018

Проведен анализ использования облачных технологий в управлении с моделями развертывания и обслуживания. Приведена концепция и изложены идеи программно-определяемой сети в облачной среде. Дана структура такой сети и рассмотрено ее функционирование. В качестве методики для оценки варианта построения той или иной конфигурации программно-определяемой сети предложен подход с использованием стандарта качества для оценки ее характеристик и определения эффективности.

*Ключевые слова:* облачные технологии, программно-определяемая сеть, структура, стандарт качества.

### Введение

За последние несколько лет в отрасли информационных технологий (ИТ) получила развитие новая парадигма – облачные вычисления – модель обеспечения сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов (сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам – как вместе, так и по отдельности), которые могут быть быстро предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру [1].

Потребители облачных вычислений могут уменьшить расходы на создание и эксплуатацию инфраструктуры информационных технологий предприятия и гибко реагировать на изменение вычислительных потребностей, используя свойства вычислительной эластичности облачных услуг. Использование облачных вычислений высвобождает ценных сотрудников, позволяя им сконцентрироваться на увеличении прибыли компании, а не на поддержке аппаратного и программного обеспечения [2].

### Модели облачных вычислений

Модель организации облачных вычислений состоит из внешней (front end) и внутренней (back end) частей. Эти два элемента соединены по сети, в большинстве случаев через Интернет. Посредством внешней части пользователь взаимодействует с системой, внутренняя часть – это, собственно, само облако. Внешняя часть состоит из клиентского компьютера или сети компьютеров предприятия и приложений, используемых для доступа к облаку. Внутренняя часть представляет собой комплекс программно-аппаратных средств (виртуальная среда, серверы, хранилища данных), создающих облако сервисов.

В зависимости от потребностей пользователей инфраструктурные операторы облачных систем могут применять различные структуры облачных вычислений. Выделяют основные модели развертывания облачных вычислений:

- частное облако (private cloud) – инфраструктура, предназначенная для использования одной организацией;
- публичное облако (public cloud) – инфраструктура, предназначенная для свободного использования широкой публикой;

– гибридное облако (hybrid cloud) – это комбинация из двух и более различных облачных инфраструктур (частных, публичных или общественных);

– облако сообщества (community cloud) – вид инфраструктуры, предназначенный для использования сообществом потребителей из организаций, имеющих общие задачи.

Существуют различные модели обслуживания потребителей облачных сервисов, предоставляемых инфраструктурными операторами облачных услуг [1, 2]:

Программное обеспечение как услуга (**SaaS**, Software-as-a-Service) – модель, в которой потребителю предоставляется возможность использования прикладного программного обеспечения провайдера, работающего в облачной инфраструктуре и доступного для различных клиентских устройств или посредством «тонкого» клиента (например, интернет-браузер, веб-почта или интерфейс программы).

Рабочее место как услуга (**Daas**, Desktop-as-a-Service) – модель распространения и эксплуатации программного обеспечения, являющаяся логическим продолжением SaaS. При предоставлении данной услуги клиенты получают полностью готовое к работе «под ключ» стандартизованное рабочее место, которое каждый пользователь имеет возможность дополнительно настраивать под свои задачи. Таким образом, пользователь получает доступ не к отдельной программе, а к необходимому для полноценной работы программному комплексу.

Платформа как услуга (**PaaS**, Platform-as-a-Service) – модель, когда потребителю предоставляется возможность использования облачной инфраструктуры для размещения базового программного обеспечения для последующего размещения на нем новых или существующих приложений (собственных, разработанных на заказ или приобретенных тиражируемых). В состав таких платформ входят инструментальные средства создания, тестирования и выполнения прикладного программного обеспечения – системы управления базами данных, связующее программное обеспечение, среды исполнения языков программирования, предоставляемые облачным провайдером.

Инфраструктура как услуга (**IaaS**, Infrastructure-as-a-Service) – предоставляется как возможность использования облачной инфраструктуры для самостоятельного управления ресурсами обработки, хранения, сетей и другими фундаментальными вычислительными ресурсами, например, потребитель может устанавливать и запускать произвольное программное обеспечение, которое может включать в себя операционные системы, платформенное и прикладное программное обеспечение. Потребитель может контролировать операционные системы, виртуальные системы, системы хранения данных и установленные приложения, а также осуществлять ограниченный контроль набора доступных сервисов (например, межсетевой экран, DNS). Контроль и управление основной виртуальной и физической инфраструктурой облака, в том числе сети, серверов, типов используемых операционных систем, систем хранения данных, осуществляется облачным провайдером.

Использование облачных вычислений требует от оператора предоставления услуг качественной инфраструктуры, которая способна обеспечить доведение сервисов до конечных клиентов максимально быстро и качественно. Высокие требования предъявляются к маршрутизации, резервированию каналов связи и защите информации [3]. В отдельных случаях сети операторов облачных услуг строятся на основе программно-определяемых (программно-конфигурируемых) сетей.

### **Концепция программно-определяемых сетей**

Программно-определяемая сеть (software-defined network) – сеть передачи данных, в которой уровень управления сетью отделен от устройств передачи данных и реализуется программно. Ключевые принципы программно-определяемых сетей – разделение процессов передачи и управления данными, централизуя управление сетью при помощи унифицированных программных средств и виртуализации физических ресурсов. Протокол управления процессом обработки данных (OpenFlow), реализующий независимый от производителя интерфейс между логическим контроллером и сетевым транспортом, является одной из основных концепций реализации программно-определяемой сети.

Основные идеи программно-определяемых сетей включают в себя [4]:

- разделение прохождения трафика (data plane) и сигнализацию/управление (control plane);
- существенное упрощение сетевых элементов сигнализации и управления;
- единый, унифицированный, независящий от поставщика интерфейс между уровнями управления сетью и передачи данных, получивший название OpenFlow;
- логически централизованное управление сетью, осуществляемое с помощью контроллера с установленной сетевой операционной системой и реализованными поверх сетевыми приложениями;
- виртуализация физических ресурсов сети.

Программно-определяемые сети позволяют сократить издержки на сопровождение сети за счет централизации управления на программном контроллере и повысить процент использования ресурсов сети благодаря динамическому управлению. Программно-конфигурируемые сети эффективны для построения инфраструктурных облачных сервисов в условиях, когда по запросу потребителей услуг необходимо автоматически и в кратчайшие сроки создавать виртуальные узлы и выделять виртуальные сетевые ресурсы для них.

### Структура и функционирование программно-определяемых сетей

Виртуализация распространяется не только на серверы, но и на сети – этого требует бизнес, не готовый платить за неиспользуемые ИТ-ресурсы, требующие для своего развертывания непопустительно много времени. Вся стратегия построения программно-определяемых сетей может строиться вокруг SDN и SDDC (Software Defined Network and Software Defined Data Center). С помощью данных технологий можно автоматизировать стандартные функции, такие как создание виртуальных машин и распределение ресурсов хранения. Средства программно-определяемых сетей позволяют эффективнее управлять облачными конфигурациями. В структуре программно-определяемых сетей можно выделить три основных уровня (рис. 1) [4]:

1. Инфраструктурный уровень, представляющий набор сетевых устройств – коммутаторов и каналов передачи данных;
2. Уровень управления сетью, включающий в себя сетевую операционную систему, которая обеспечивает приложениям сетевые сервисы и программный интерфейс для управления сетевыми устройствами и сетью;
3. Уровень сетевых приложений, обеспечивающий гибкое и эффективное управление сетью.

Взаимодействие между уровнем инфраструктуры сети и уровнем управления сети обеспечивается посредством протокола OpenFlow – протокол управления процессом обработки данных, передающихся по сети передачи данных маршрутизаторами и коммутаторами, реализующий технологию программно-определяемых сетей.

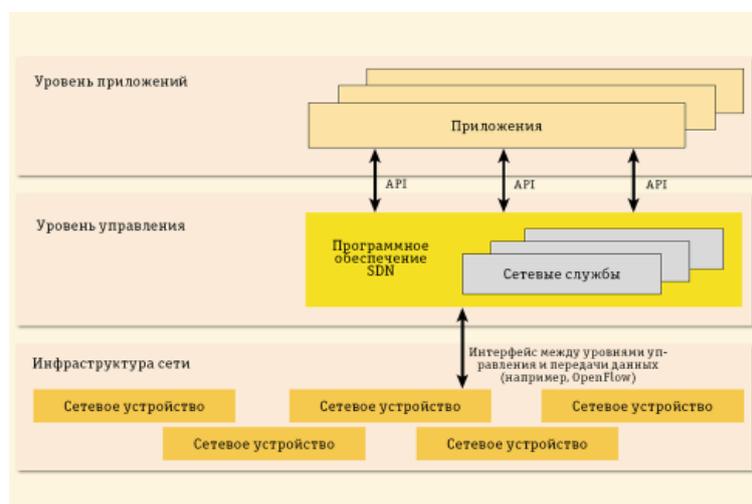


Рис. 1. Структура программно-определяемой сети

Протокол используется для управления сетевыми коммутаторами и маршрутизаторами с центрального устройства – контроллера сети. Это управление заменяет работающую на коммутаторе (маршрутизаторе) встроенную программу, осуществляющую построение маршрута, создание карты коммутации и т. д. Контроллер используется для управления таблицами потоков коммутаторов, на основании которых принимается решение о передаче принятого пакета на конкретный порт коммутатора. Таким образом, в сети формируются прямые сетевые соединения с минимальными задержками передачи данных и необходимыми параметрами.

Путь прохождения данных состоит из таблицы потоков и действий, назначенных для каждой записи в таблице. Сами таблицы могут касаться как протоколов канального уровня (например, Ethernet), так и протоколов вышестоящих уровней ( сетевого, транспортного стека TCP/IP). Точный список действий может изменяться, но основные это: пересылка фрагмента данных в заданный порт, пересылка фрагмента данных на контроллер, через безопасный канал для дальнейшего исследования, отбрасывание фрагмента данных. Оборудование, которое поддерживает эти четыре действия, называется Type0-устройством. Устройство OpenFlow состоит из трех компонент:

- таблица потоков (flow table) – используется внешним «интеллектуальным» устройством (контроллером) для управления коммутатором;
- безопасный канал (security channel);
- поддержка протокола OpenFlow protocol, используемого для управления.

Использование данного протокола позволяет избежать необходимости написания программы для управляемого устройства.

Каждая запись в таблице имеет три поля: заголовок PDU (фрагмента данных), который позволяет определить соответствие PDU потоку, действие и поле со статистикой (число байтов и PDU, соответствующее потоку, время прохождения последнего соответствующего потоку PDU). Заголовок может состоять из множества полей разного уровня (MAC-адресов отправителя и получателя, полей заголовка IP-пакета, полей заголовка TCP-сегмента). Следует отметить, что в текущей версии протокола не поддерживается проверка, к примеру, флага SYN в заголовке TCP-сегмента. Каждое поле может иметь особое значение, характеризующее соответствие любому значению соответствующего поля в PDU.

Контроллеры обеспечивают наполнение таблицы потоков, получение пакетов через безопасный канал от устройства. В данных устройствах могут быть реализованы как простейший алгоритм, напоминающий поведение коммутатора, разделяющего пакеты по логическим сетям (VLAN), так и сложная динамическая логика, влияющая на прохождение пакетов исходя из внешних причин (права доступа, загрузка серверов, приоритеты по обслуживанию, загрузка ранее определенных маршрутов и т. д.).

Для оценки вариантов построения той или иной структуры программно-определяемой сети предлагается подход на основе оценки качества.

### **Подход к оценке качества программно-определяемых сетей**

Поскольку построение программно-определяемых сетей связано с разработкой специализированного ПО, рассмотрим вопросы обеспечения качества ПО. В соответствии с терминологией, принятой Международной организацией по стандартизации (ISO), качество – это свойство объекта (продукта, процесса, системы), относящееся к потребностям и ожиданиям и направленное на их удовлетворение [5]. Качество описывается рядом свойств, количественные характеристики которых называются показателями. Качество реальных объектов, в том числе программных продуктов, можно описать только в виде множества или вектора, данную особенность необходимо учитывать при анализе систем менеджмента качества организации-разработчика, выработке и реализации управляющих и корректирующих воздействий, статистическом контроле качества. К основным задачам, решаемым при оценке качества программных средств, отнесены: планирование уровня качества, контроль значений показателей качества в процессе разработки и испытаний, сравнительный анализ программных систем и архитектур по критерию их качества.

В рамках данного раздела рассмотрим следующие вопросы качества: стандарты качества, модели качества, методы оценки качества. В области оценки качества ПО на территории Республики Беларусь действуют следующие основные *стандарты* [5]:

- межгосударственный стандарт стран СНГ ГОСТ 28195-99 (Оценка качества программных средств. Общие положения);
- национальный стандарт Беларуси СТБ ИСО/МЭК 9126-2003 (Информационные технологии. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению), определяющий универсальный для любого класса ПО набор характеристик качества (рис. 2).



Рис. 2. Характеристики международного стандарта оценки качества программного продукта ISO 9126

Стандарты регламентируют выполнение оценки качества ПО на основе иерархической *модели качества* или многоуровневой структуры [5]. Первые два уровня модели качества определяются стандартами и являются обязательными, а номенклатура подхарактеристик третьего уровня (и четвертого для стандарта ГОСТ 28195-99) является рекомендуемой и раскрывает специфические свойства данного программного продукта. Модель качества представляет набор характеристик и связей между ними, обеспечивающий основу для оценки варианта сети. Модель качества для программно-определяемых сетей будет детализирована в одной из следующих статей авторов.

### Заключение

1. Модель организации облачных вычислений состоит из внешней (front end) и внутренней (back end) частей. Проведен анализ моделей развертывания облачных вычислений: частное облако (private cloud), публичное облако (public cloud), гибридное облако (hybrid cloud) и облако сообщества (community cloud). Рассмотрены 4 модели обслуживания клиентов в облачной среде: программное обеспечение как услуга (SaaS), рабочее место как услуга (DaaS), платформа как услуга (PaaS), инфраструктура как услуга (IaaS).

2. Работа операторов облачных услуг строится на основе программно-определяемых сетей, которые позволяют сократить издержки на сопровождение сети за счет централизации управления на программном контроллере и повысить процент использования ресурсов. Приведена структура такой сети, включающая: набор сетевых устройств – коммутаторов и каналов передачи данных; сетевую операционную систему, обеспечивающую приложениям сетевые сервисы и программный интерфейс для управления сетевыми устройствами; набор сетевых приложений.

3. Предложен для оценки вариантов построения той или иной структуры программно-определяемой сети подход на основе оценки качества. Для этого рассмотрен стандарт качества ПО, включающий шесть характеристик: мобильность, надежность, практичность, сопровождаемость, функциональность, эффективность.

**TECHNOLOGY SOFTWARE-DEFINED NETWORKS IN CLOUD COMPUTING**

U.A. VISHNIAKOU, B.A. MONICH

**Abstract**

The analysis of the use of cloud technologies in management with models of deployment and maintenance are given. The concept and ideas of a software-defined network in a cloud environment are presented. The structure of such network is given and its functioning is considered. As a method for assessing the option of building a configuration of a software-defined network, an approach using the quality standard to assess its characteristics and determine the effectiveness is proposed.

**Список литературы**

1. Фингар, П. Облачные вычисления – бизнес-платформа XXI века / П. Фингар. – М. : Акваринарная Книга, 2011. – 256 с.
2. Ридз, Дж. Облачные вычисления / Дж. Ридз. – СПб. : БХВ, 2011. – 288 с.
3. Вишняков, В. А. Информационная безопасность в корпоративных системах, электронной коммерции и облачных вычислениях: методы, модели, программно-аппаратные решения : моногр. / В. А. Вишняков. – Минск : Бестпринт, 2016. – 276 с.
4. Дубинин, В. Программно-определяемые сети: от концепции к технической реализации / В. Дубинин // ITWeek. – 2016. – № 5. – С. 15–20.
5. Бахтизин, В. В. Стандартизация и сертификация программного обеспечения / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова. – Минск : БГУИР, 2006. – 200 с.