

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ПЕРЕХОДА К ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ SDN

Джураев Рустам Хусанович

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,
г. Ташкент

Ботиров Сохибжон Рустамович

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,
г. Ташкент

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7442556>

Аннотация. В статье рассмотрено современное состояние сетей передачи данных, а также их влияние на технологию Cloud Computing, в частности рассмотрены традиционные методы передачи данных, а также новые технологии, которые постепенно внедряются в эксплуатацию. Проанализированы модели на основе технологии TCP/IP и технологии SDN, проведен анализ и построены графики.

Ключевые слова: Технологии передачи данных, TCP/IP, SDN, традиционная сеть, коммутация пакетов, современные сети, имитационное моделирование, GNS3, Mininet, Cloud Computing, именованные данные, NDN.

CURRENT STATUS AND TRENDS OF TRANSITION TO CLOUD INFRASTRUCTURE BASED ON SDN TECHNOLOGY.

Abstract. The article discusses the current state of data transmission networks, as well as their impact on Cloud Computing technology, in particular, traditional data transmission methods are considered, as well as new technologies that are gradually being introduced into operation. Models based on TCP/IP technology and SDN technology are analyzed, the analysis is carried out and graphs are built.

Keywords: Data transfer technologies, TCP/IP, SDN, traditional network, packet switching, modern networks, simulation modeling, GNS3, Mininet, Cloud Computing, cloud technologies, named data, NDN.

ВВЕДЕНИЕ

Современные высокоскоростные сети передачи данных (СПД) с коммутацией пакетов (КП) представляют собой сложные территориально распределённые технические комплексы, выполняющие важные задачи по своевременной и качественной передаче данных.

СПД с КП характеризуются большим разнообразием предъявляемых к ним требований: требований экономичности, топологии, вероятностно-временных характеристик процесса доставки, надежности, живучести, информационной безопасности, управления сетью, технического обслуживания и ремонта.

Современные технологии и оборудование ПД имеют высокую наукоёмкость, и постоянно снижающийся жизненный цикл, а сама отрасль телекоммуникации становится высокоэффективной сферой услуг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На методах коммутации пакетов построено функционирование современных сетей ПД, заложенная в них идея проста: все передаваемые пользователем сообщения, которые могут иметь произвольную длину, от нескольких байт до многих мегабайт, разбиваются в

исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые «пакетами». Каждый пакет снабжается заголовком с адресом отправителя, получателя и адресом промежуточного узла, необходимым для доставки пакета на узел назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения.

Технология ПД с КП, разработкой которой занимались Дональд Дэвис, Пол Бэран, Леонард Клейнрок была специально разработана для эффективной передачи трафика данных, а основой функционирования сетей ПД с КП являются сетевые протоколы, реализуемые в соответствии с той или иной технологией и аппаратно-программными средствами (центрами коммутации пакетов, коммутаторами, маршрутизаторами и т.д.).

Так как генерируемый сетевой трафик очень неравномерен и с высоким уровнем пульсации скорости передачи данных, были разработаны два метода коммутации пакетов: метод виртуальных соединений и метод дейтаграмм.

На основе коммутации пакетов с установлением виртуального канала в свое время были разработаны следующие технологии: X.25, Frame Relay и АТМ.

На основе коммутации пакетов с использованием дейтаграммного режима была разработана технология IP.

Технология IP, в отличие от других технологий, имеет более разработанную систему стандартов и находит более широкое распространение. В этой связи фундаментом существующих сетевых платформ, являются сетевые технологии, основанные на IP-протоколе, на базе которых происходит постепенная интеграция трафика данных, голоса и видеоизображений.

Несмотря на то, что IP протокол был ориентирован только на представление услуги ПД, в результате доработки стал применим и для услуг реального времени, в том числе и мультимедийных приложений.

В современных сетях ПД с КП из-за сложности сети, использующей большое количество маршрутизаторов, коммутаторов и большого количества другого сетевого оборудования, а также, из-за того, что процессы управления и передачи совмещены в них, контроль и управление становится очень затруднительным. С развитием таких технологий как, Cloud Computing, Big Data, IoT, очень востребованными становятся услуги с комплексным предоставлением информации, которые в рекомендациях МСТ-Т определяются как мультимедийные, выявившие ранее не существенные недостатки технологии TCP/IP.

Cloud Computing (Облачные вычисления) — это модель предоставления повсеместного и удобного сетевого доступа, по мере необходимости, к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, которые могут быть быстро предоставлены и освобождены с минимальными усилиями по управлению и необходимостью взаимодействия с провайдером услуг, которые поддерживаются аппаратными и программными средствами облачной инфраструктуры

Идея Cloud Computing сводится к перемещению всей инфраструктуры за пределы предприятия в некую динамично масштабируемую систему, таким образом тенденция к увеличению количества передаваемой по сети телекоммуникаций мультимедийной информации неизбежно привел к возрастанию информационных потоков, а резкий рост потребностей в обмене мультимедийной информацией, стали причиной создания современных телекоммуникационных технологий, и сетей:

1. Технологии ПД – «Сети именованных данных» (СИД/NDN);
2. Технологии ПД – «Программно-конфигурируемые сети» (SDN/SDN).

Первым направлением, решающим проблемы, связанные с технологией ПД, стал проект, который Ван Якобсон (Van Jacobson) впервые представил публике в 2006 г. Новая Интернет архитектура «Именованные сети передачи данных» (NDN - Named Data Networking), называет данные вместо местоположений, которая, возможно, переключит Интернет с сегодняшнего акцента на «где» - адреса и хосты, на «что» - контент, который необходим пользователю.

NDN маршрутизирует и продвигает пакеты, основываясь на имени, что решает три проблемы, связанными с адресами в IP-архитектуре: исчерпание адресного пространства, отслеживание NAT (трансляции сетевых адресов) и управление адресами.

Второе направление подразумевает переход к централизованному управлению сетей передачи данных, предложенный Мартином Касадом (Martin Casado), Ником МакКеоном (Nick McKeown) и Скоттом Шенкером (Scott Shenker), разработавшим протокол OpenFlow в 2007 году.

SDN-подход, появившийся после протокола OpenFlow, позволяет разделить процессы управления и передачи данных (рис. 4), которые неотделимы друг от друга в традиционных коммутаторах и маршрутизаторах.

SDN решает проблему оптимизации передачи большого объема данных, ввиду того, что вся логика управления выносится в контроллеры, работающие на основе протокола OpenFlow, способные отслеживать работу всей сети.

OpenFlow является первым стандартизированным открытым интерфейсом, отвечающим за взаимодействие между уровнем управления и уровнем передачи данных. OpenFlow обеспечивает доступ, обмен информацией и доставку управляющих команд элементам сетевой инфраструктуры.

Контроллер SDN выступает единой централизованной точкой управления, который взаимодействует с уровнем приложений посредством открытого интерфейса API, а также выполняет мониторинг и управление физическими устройствами сети посредством открытого интерфейса – протокола OpenFlow.

Основные идеи SDN:

- Разделение процессов передачи и управления данными.
- Единый, унифицированный, независимый от поставщика интерфейс между уровнем управления и уровнем передачи данных.
- Логически централизованное управление сетью, осуществляемое с помощью контроллера с установленной сетевой операционной системой и реализованными поверх сетевыми приложениями.
- Виртуализация физических ресурсов

Централизованное управление позволяет проложить канал, по которому пакеты пойдут напрямую, что на порядок производительнее, при этом сбой в передаче возможен, но управляющая программа его обнаружит и исправит, однако не так оперативно, как в IP сетях.

Таблица 1.1

Ключевые преимущества внедрения SDN в компаниях со сложной ИТ-инфраструктурой

Стоимость	Снижается стоимость владения компьютерными сетями за счет сокращения расходов на управление, как следствие – увеличение прибыли
Облачные технологии	В облаках данные и приложения размещены на компьютерах, взаимодействующих по сети, и, по мнению сторонников SDN, данная технология способна обеспечить требуемый облакам уровень «интеллектуальности» сетей, необходимый, в частности для оркестровки работы обширных групп коммутаторов
Безопасность	Поскольку SDN позволяет администратору четко видеть все потоки трафика, ему будет легче замечать вторжения и выявлять другие проблемы. SDN также позволяет сисадмину назначать приоритеты различным типам трафика и разрабатывать правила реагирования сети при заторах и проблемах с оборудованием
Повышение производительности	Благодаря снятию с коммутаторов нагрузки по обработке тракта управления, SDN позволяет этим устройствам направить все свои ресурсы на ускорение перемещения трафика
Реализация и тестирование новых сервисов	Программные средства SDN позволяют администраторам добавлять новую функциональность к имеющейся сетевой архитектуре
Администрирование	На централизованном SDN-контроллере сисадмин может наблюдать всю сеть в едином представлении, за счет чего повышается удобство управления, обеспечения безопасности и выполнения других задач

Основными областями применения SDN является:

1. Коммутация
2. Контроллеры
3. Виртуализация облачных приложений
4. Виртуализация средств безопасности сетевых решений.

Международный опыт ведущих провайдеров показывает, что внедрение технологии SDN имеет следующие преимущества перед TCP/IP:

- Плоскость управления сетью вынесена на выделенный контроллер. Повышает на 20% пропускную способность каналов за счет перераспределения нагрузки;
- Эффективное управление потоками данных. Повышает эффективность сетевого оборудования на 25 – 35%;
- Использование обычных серверов, вместо сложных и дорогих специализированных маршрутизаторов. Снижает на 52% капитальные затраты и на 48% операционные расходы;
- Экономичность и вендернезависимость. Снижает на 30% затраты на эксплуатацию сетей.

Прежде чем внедрять новую концепцию организации, технологию или протокол в существующую глобальную информационную инфраструктуру необходимо провести исследование, моделирование и планирование предложенного решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Mininet - эмулятор сети, с помощью виртуальной среды позволяет создавать и взаимодействовать с виртуальными хостами, коммутаторами, контроллерами и связями между ними. Сеть, эмулированная в Mininet полностью имитирует процессы, происходящие в реальных сетях, в том числе, возможно создание конечных виртуальных машин. Есть возможность подключения любых виртуальных коммутаторов и контроллеров, имеется множество встроенных программ, такие как: WireShark, Miniedit и др. Главным преимуществом Mininet является поддержка всех контроллеров SDN и протоколов OpenFlow, а также высокая функциональность и поддержка со стороны OpenFlow Foundation и производителей оборудования для SDN.

В составе эмулятора Mininet входит графический пользовательский интерфейс MiniEdit, с помощью которого можно построить топологию сети, основанную на концепции программно-конфигурированной сети.

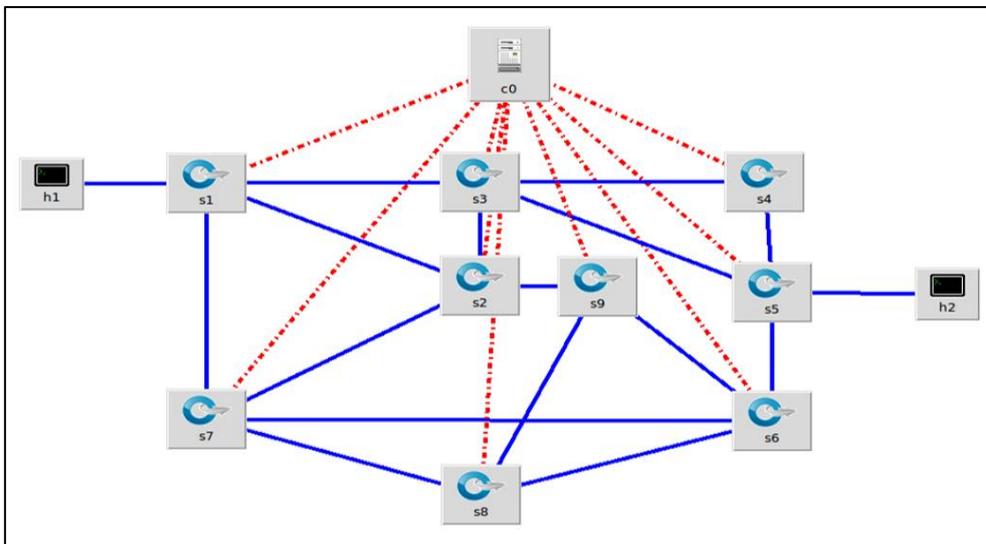


Рисунок 1. Топология SDN сети на Mininet.

На основе выбранной топологии сети, проведем сравнительный анализа пропускной способности пакетов в традиционной сети и сети на основе SDN. В эмуляторе Mininet построим следующую сеть (Рис. 1) с заданными пропускными способностями каналов. Для анализа пропускной способности каналов между хостом 1 и хостом 2, после необходимой настройки всей сети, запускаем эмулятор MiniEdit. Для анализа пропускной способности сети используем программу Wireshark.



- *Host*, инструмент для создания хост-компьютеров в эмуляторе.



- *Switch*, инструмент используется для создания OpenFlow коммутаторов на рабочем поле эмулятора.



- *Controller*, инструмент для создания SDN-контроллера на рабочем поле эмулятора.

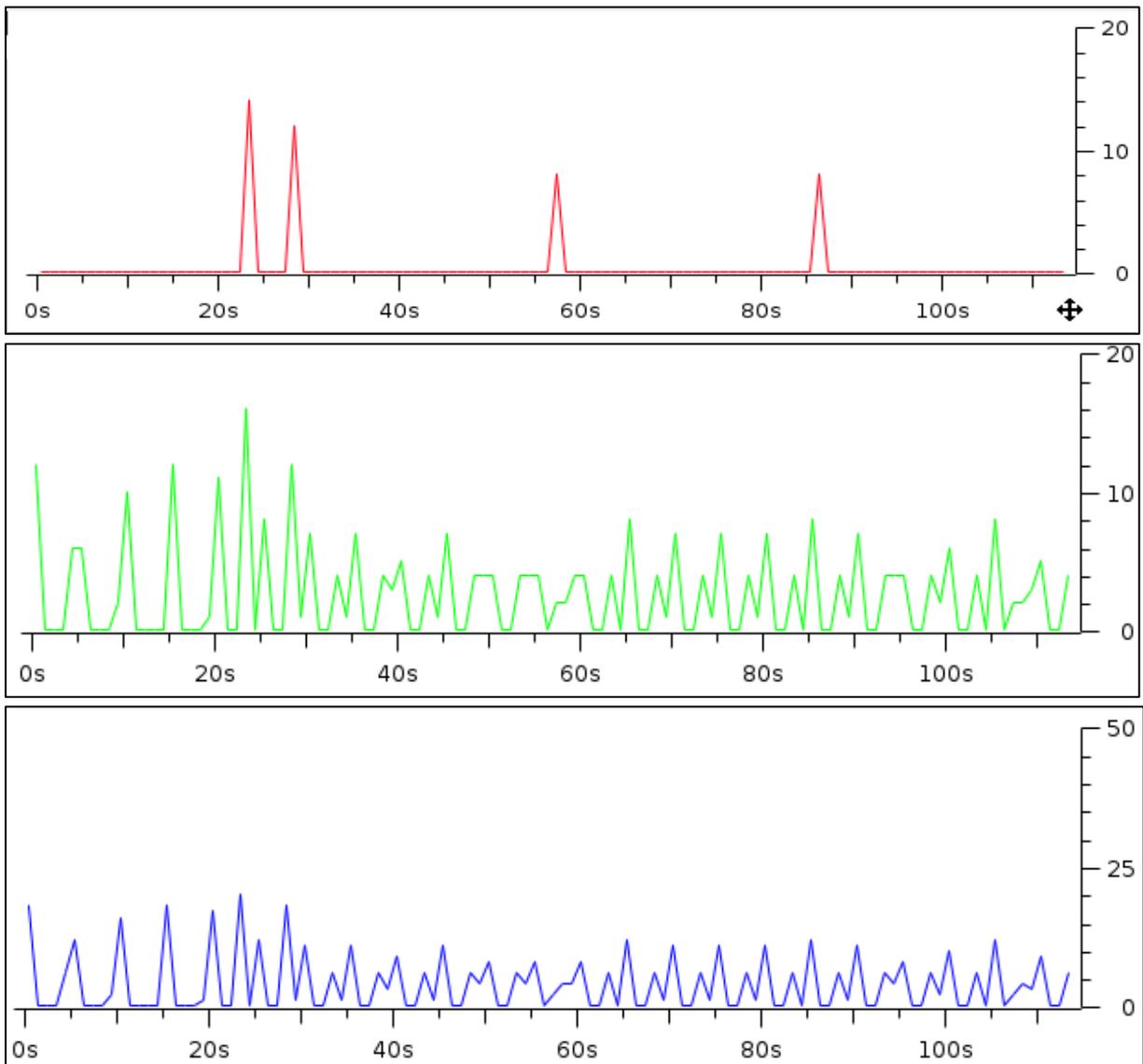


Рисунок 2. График зависимости пропускной способности ARP, OF, TCP пакетов от времени

Анализируя график зависимости скорости ко времени первые 100 секунд можно видеть, что скорость прохождения данных между хостом 1 и хостом 2 растет и стабилизируется на определенном уровне. Рост скорости в начале передачи данных объясняется тем что первый пакет отправляется в контроллер и анализируя пакет в контроллере определяется маршрут передачи данных между хостами. Остальные пакеты передаются между OpenFlow коммутаторами по 10Гбит/с канала. На рисунке 2 показано скорость прохождения ARP, OF(OpenFlow) и TCP пакетов ко времени в 100 секунд.

Теперь построим традиционную сеть с помощью программы эмулятор GNS3. Топология сети будет выглядеть точно так же как на рисунке 2, но без SDN-контроллера и вместо OpenFlow-контроллера используем маршрутизаторы от компании Cisco Systems (рис. 3).

Для того чтобы добиться точных результатов все соединительные линии между сетевыми элементами соответствуют тем же характеристикам сети рассмотренные в эмуляторе Mininet.

Отправляя данные между хостами 1 и 2 анализируем пропускную способность канала ко времени. Для исследования традиционной сети тоже будем использовать программу Wireshark.

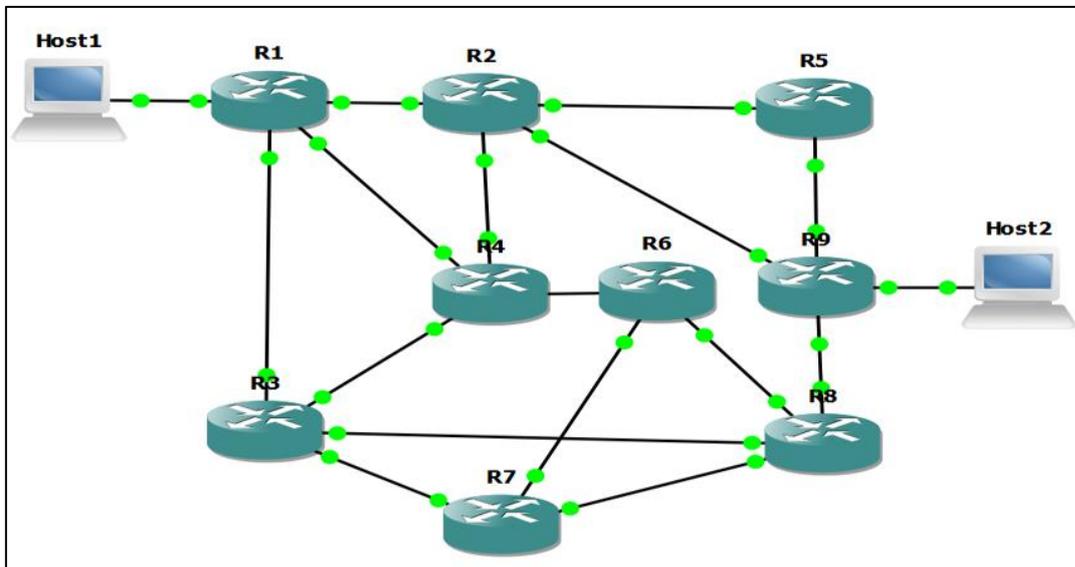


Рисунок 3. Традиционная сеть IP на эмуляторе GNS3

Перехват трафика между хостами 1 и 2 будем осуществлять с помощью программы Wireshark, построим график зависимости пропускной способности сети (пакет/с) ко времени (с) за 100 секунд (рис.5).

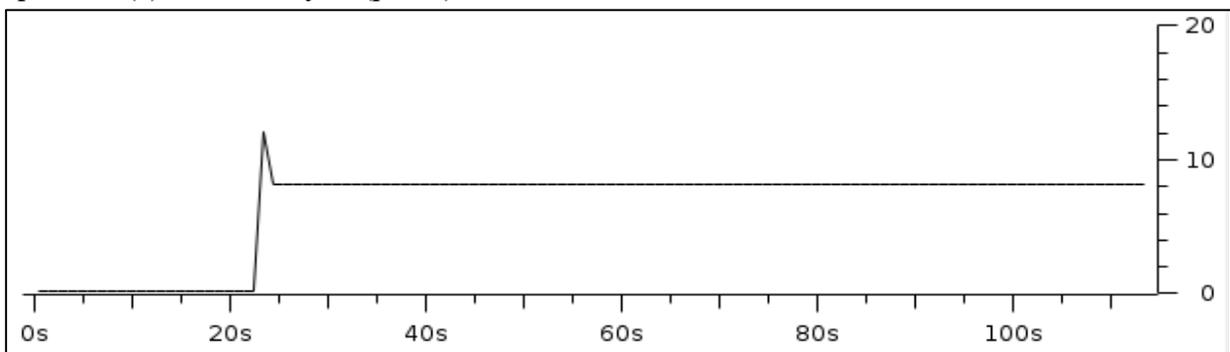


Рисунок 5. График зависимости пропускной способности канала от времени в SDN-сети

Анализируя трафик, перехваченный с помощью программы Wireshark построим график зависимости пропускной способности сети (пакетов/с) ко времени (с).

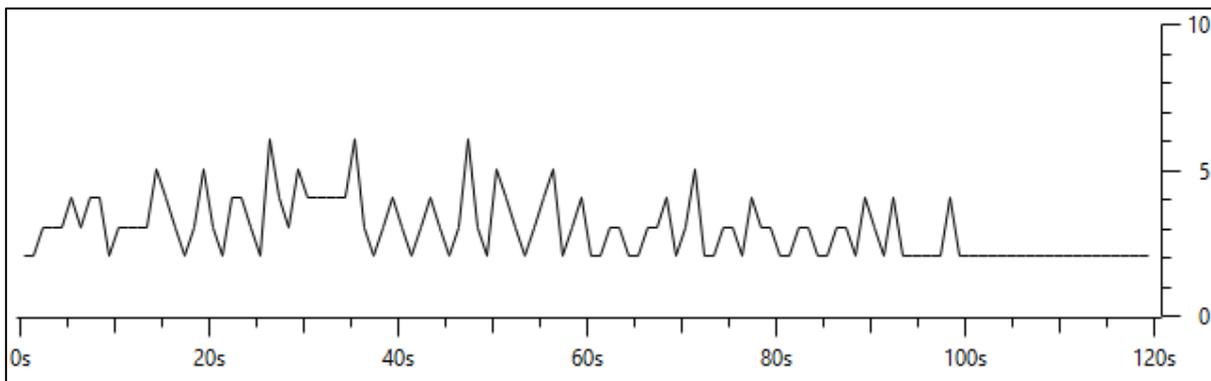


Рисунок 6. График зависимости пропускной способности канала от времени в традиционной сети

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя полученные результаты, на основе графика зависимости пропускной способности от времени видно, что скорость в традиционной сети между хостами не стабильная и изменяется со временем.

Необходимо особо отметить, что в случае SDN возможно больше угроз, чем для классической IP-сети: контроллер, каналы связи между контроллером и коммутаторами, сами коммутаторы и каналы связи для передачи данных. Протокол IP ориентирован на то, чтобы маршрутизаторы самостоятельно следили за загрузкой и работоспособностью связанных с устройством каналов, а в SDN за состоянием сети следит контроллер, получающий данные о выходе из строя каналов и их загруженности «со стороны», то есть имеется задержка в получении информации и принятии решения. Это не способствует увеличению надежности.

Кроме того, для надежного функционирования SDN необходимо обеспечить защиту их главного элемента — контроллера, выделить его в отдельный сегмент, доступ к которому извне ограничен. Не исключено, что для защиты SDN будут разработаны специальные продукты, обеспечивающие отказоустойчивость центрального контроллера, включая системы резервирования контроллеров, возможно, с разнесением реплик в независимые сегменты сети, но не замедляющие передачу данных.

Следует отметить, что само программное обеспечение для управления SDN должно содержать компоненты, способные защитить от атак, имеющих целью несанкционированное использование ресурсов: монополизацию сети отдельными приложениями, постороннее вмешательство и др. Поэтому при выборе решения для построения SDN стоит проверить наличие в ней функций безопасного управления. Также в систему управления должны быть встроены элементы резервирования с максимально быстрым переключением системы на использование резервных ресурсов для самого контроллера и для каналов связи, которыми он управляет. При построении SDN стоит предусмотреть максимальное число дублирующих каналов как для передачи данных, так и для управляющих команд от контроллера. Причем на коммутаторах сети нужно допустить получение команд только строго с фиксированного набора IP-адресов, на которых могут быть расположены контроллеры, чтобы злоумышленник не мог извне подавать команды на изменение маршрута потока.

ВЫВОДЫ

Международная практика показывает, что в рыночных условиях причиной смены сетевых технологий, включая технологии SDN должна быть экономическая эффективность новых сетевых технических решений. Поэтому введение сетевых технологий SDN необходимо соотносить с реальными потребностями в условиях, которые должны быть ориентированы на экономически выгодное предоставление услуг с коммерческой точки зрения. Для реального внедрения технологии SDN компания должна владеть практическими знаниями об этой сетевой технологии, связанных с ней проблемах и путях решений, а также где применение её наиболее эффективно в экономическом плане.

Сравнивая результаты полученные в процессе имитации в эмуляторе Mininet, сети на основе технологии SDN, и в эмуляторе GNS3, традиционной сети, сделаем вывод, что сеть построенная, на основе концепции SDN обеспечивает более высокую и стабильную пропускную способность чем традиционная сеть. Сеть ЦОДов построенная на основе SDN технологии более эффективно использует вычислительные и информационные ресурсы дата-центра, обеспечивая высокую скорость доступа и предоставления услуг ЦОД.

Мировой опыт показывает, что по силе своего влияния на современную ИТ-индустрию SDN стоит в одном ряду с такими прорывными технологиями, как Cloud и BigData. В виду этого, основной движущей силой развития рынка технологий SDN становятся растущие потребности в мобильности новой сетевой архитектуры при переходе на облачные услуги и телекоммуникационные компании, которым эта технология обеспечивает гибкость в предоставлении новых услуг.

Переход к технологии SDN неизбежен, но осуществляться он будет постепенно, в зависимости от технических и финансовых возможностей телекоммуникационных компаний.

REFERENCES

1. Attila Takacs, Elisa Bellagamba, and Joe Wilke "Software-defined networking: the service provider perspective", Ericsson Review, 2013, 2, pp. 2-8.
2. Computer networks / Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. – 5th ed
3. Correia L. M., Abramowicz H., Johnsson M. (ed.). Architecture and design for the future internet: 4WARD project. - Springer, 2011.
4. Djurayev R. Kh., Botirov S.R. Analysis of information security evaluation models in the cloud computing environment. International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). Tashkent, Uzbekistan – 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9351427> – 5 p.
5. Djurayev R. Kh., Botirov S.R., Juraev F. O. A simulation model of a cloud data center based on traditional networks and Software-defined network. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, trends and opportunities (ICISCT). Tashkent, Uzbekistan – 2021. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9670174> – 4 p.
6. Domingue, John, et al. "The Future Internet-Future Internet Assembly 2011: Achievements and Technological Promises." (2011).

7. Jacobson V. et al. Content-centric networking //Whitepaper, Palo Alto Research Center. – 2007. – ., 2-4.
8. M. Zaigham, "Cloud computing: characteristics and deployment approaches," 2011 11th IEEE Int. Conf. Computer and Information Technology. 978-0-7695-4388-8/11 IEEE.
9. R.A. Andreev, E.L. Krotova, Analysis of cloud computing segment in russia. Mejdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy jurnal, 2016
10. Stallings W. Data and computer communications. Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, 2007.
11. Stallings W. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Indianapolis, IN, USA: Pearson Educ., 2016.
12. V.V. Tabakov. Cloud computing - a new area of information services. Creative economy. №5/2010/ pp. 46-51
13. Yan Z., Zhang P. and Vasilakos A. V. A security and trust framework for virtualized networks and software-defined networking // Security and communication networks. 2016. Vol. 9. No. 16. pp. 3059–3069.
14. Бараш Л. Сети именованных данных — угроза господству IP? 9.10.2015
15. Воробийченко П. П., Нечипорук О. Л., Струкало М. И. Принципы организации сетей с коммутацией пакетов. Одесса, 2000.
16. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014.
17. Джураев Р.Х., Ботиров С.Р., Туляганова Г.М. Современное состояние и тенденции развития технологий NDN, SDN / NFV, Cloud Computing, IoT. Международный научный журнал «Молодой учёный» // № 53 (395), Часть I. 2021. – С. 7-12.
18. Джураев Р.Х., Ботиров С.Р., Ускенбаева Д.Ш. Переход сетевых технологий передачи данных к SDN/NFV. Международный научный журнал «Молодой учёный» // № 44 (439), Часть I. 2022. – С. 18-23.
19. Джураев Р.Х., Умирзаков Б.М., Ботиров С.Р. Переход к технологии программно-конфигурируемых сетей. Электронный журнал Infocom.uz, 24.07.2019.
20. Медведев Д. Л. Основные вехи в развитии методов пакетной коммутации/ ЭИС, 2006, № 1(4)
21. Н.Ф. Бахарева, Ю. А. Ушаков, М. В. Ушакова, А.Е. Шухман //основы программно-конфигурируемых сетей // Самара 2015
22. Организация инфраструктуры облачных вычислений на основе sdn сети // Алексей Анатольевич Ефименко, Сергей Витальевич Федосеев, // Прикладная информатика №5, 2013
23. Р. Смелянский. Программно-конфигурируемые сети [Электронный ресурс] / Смелянский Р. //Открытые системы Электрон. дан. – 2012.
24. Рекомендация МСТ-Т Y.3300 (06/2014).
25. Эшмурадов Д. Э., Сайфуллаева Н. А. ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРУЗОК ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ПО СЕКТОРАМ //Теория и практика современной науки. – 2020. – №. 4. – С. 201-204.