О.А.ЛАВШУК[1], Н.И.ЛИСТОПАД[2]

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ SDN СЕТЕЙ

[1]*Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь, старший преподаватель*

[2]*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь, профессор, доктор технических наук*

Программно-определяемые сети (SDN) – это технология, которая делает компьютерные сети более программируемыми. SDN упрощает организациям внедрение приложений и способствует гибкой доставке, предлагая возможность масштабирования сетевых ресурсов в соответствии с приложениями и данными. Эта технология позволяет пользователю легко управлять сетью, предоставляя возможность контролировать приложения и операционную систему. SDN не только внедряет новые способы взаимодействия между сетевыми устройствами, но и обеспечивает большую гибкость для существующих и будущих сетевых проектов и операций. SDN – это инновационный подход к проектированию, внедрению и управлению сетями. SDN в основном изучались и адаптировались для сетей центров обработки данных, глобальных сетей (WAN), корпоративных сетей и точек обмена интернет-трафиком.

Крупные производители сетевого оборудования, такие как Cisco и HP поддержали идеи программно-определяемых сетей, но пошли принципиально разными путями, Cisco – проприетарным, HP – основанным на открытых стандартах. Руководители HP не преминули отметить, что открытые стандарты и совместимость с оборудованием других вендоров остаются основой подхода компании, и проприетарный путь – не в интересах заказчиков.

В основе работы сетей SDN (Software-Defined Networking) лежит принцип разделения плоскостей сети и централизованное логическое управление. Вместо того чтобы каждое сетевое устройство (коммутатор, маршрутизатор) самостоятельно принимало решение о переадресации пакетов данные действия выполняются на отдельном выделенном программном контроллере. Это делает сеть гибкой, программируемой и централизованно управляемой.

Классическая архитектура SDN состоит из трех уровней, которые взаимодействуют через стандартизированные интерфейсы: [1]

Уровень приложений. Здесь работают программы и скрипты, через которые администратор задает правила работы сети (например, приоритет для видео-трафика, определение пути с минимальной задержкой в сети).

Уровень управления: На этом уровне находится управляющий централизованный сервер – SDN-контроллер. Контроллер знает всю сеть и управляет поведением устройств, он принимает все решения о маршрутизации, безопасности и управлении трафиком на основе полной информации, которую собирает с устройств.

Уровень данных. Этот уровень состоит из простых сетевых устройств (коммутаторов), которые пересылают пакеты согласно правилам, установленным контроллером.

Связь между уровнями обеспечивается с помощью специальных протоколов: OpenFlow (рисунок 1), NETCONF, REST API, а в мобильных сетях (3GPP/5G) – протокол PFCP (Packet Forwarding Control Protocol) для управления пользовательским трафиком.

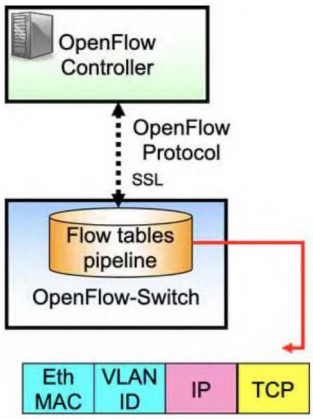


Рисунок 1 – Взаимодействие уровней посредством протокола OpenFlow

Одним из наиболее известных и используемых протоколов является протокол OpenFlow. [2] OpenFlow – это протокол, используемый между контроллером (уровнем управления) и коммутатором Ethernet (уровнем данных). Коммутатор имеет таблицы потоков, организованные в виде конвейера, а потоки представляют собой правила для анализа пакетов. В описании процесса указывается: критерии соответствия, приоритет, действия, которые необходимо выполнить с пакетом документов, тайм-ауты.

Методы организации управления в сети SDN.

Хотя SDN предполагает централизованное управление, на практике могут использоваться разные подходы для соотношения между производительностью, надежностью и масштабируемостью.

Полностью централизованный: Один главный контроллер управляет всей сетью. Прост в реализации, но контроллер представляет собой единую точку отказа.

Иерархический подход: Контроллеры организованы в иерархию. Глобальный контроллер управляет стратегией на верхнем уровне (например, межсетевым взаимодействием), а локальные контроллеры управляют своими доменами, следуя этим стратегиям. Такой подход повышает масштабируемость и надежность. [3]

Гибридный подход (SDN + традиционные протоколы): в некоторых случаях часть функций, особенно на периферии, может выполняться традиционными распределенными протоколами, а SDN используется для задач, требующих глобальной оптимизации (например, управления трафиком в центрах обработки данных). Такой подход позволяет решать сложные задачи в дата-центрах, облачных средах, 5G сетях и многих других областях.

Для сети Интернета вещей из рассмотренных моделей может использоваться классическая, так как управление возможно осуществлять централизованно с пользованием протокола OpenFlow. В сети Интернета вещей присутствует контроллер SDN, который управляет множеством датчиков. Такая сеть может очень быстро адаптироваться под изменяющийся объем и требования к потокам информации. Важным преимуществом использования SDN в сети Интернета вещей возможность более гибко настраивать приоритезацию трафика, а также более гибкая настройка безопасности, когда администратор может отключить скомпрометированные устройства.

В тоже время существуют определенные трудности управления сетью интернета вещей с централизованным управлением: многие Интернет вещи не поддерживают сложные протоколы управления из-за упрощенной конфигурации и экономии батареи, большое количество подключаемых датчиков может привести к перегрузке центрального контроллера.

Для организации сети Интернета вещей также можно использовать гибридную архитектуру, когда протокол SDN возможно сочетать с традиционными протоколами маршрутизации. В гибридной архитектуре часть сети работает по протоколам маршрутизации, а остальная часть по принципу программно-управляемых сетей. В данной архитектуре легко подключаются устройства Интернета вещей без необходимости ручной настройки каждого узла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. N.V.S. Natteshan, J Sangeetha, J. Sherine Glory, P. Harini Software-Defined Networking: Transforming Modern Networks With Scalability, Automation, and Emerging Technologies // 2025 6th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems.

2. Vinod Maan, Rajshree Soni Blockchain and Software Defined Networking // Revolutionizing network architecture, 2026.

3. Kashif Nisar, Emilia Rosa Jimson, Mohd Hanafi Ahmad Hijazi, Ian Welch, Rosilah Hassan, Azana Hafizah Mohd Aman, Ali Hassan Sodhro, Sandeep Pirbhulal, Sohrab Khan fA survey on the architecture, application, and security of software defined networking: Challenges and open issues //Internet of Things, Volume 12, December 2020.