

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

Чернов В.И., Шиховцов С.Ю., Полежаев П.Н.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

Программно-конфигурируемые сети (ПКС, Software-Defined Networking) [1, 2] – это архитектура построения сетей, в которой все управление вынесено из сетевых устройств на отдельный сервер или набор серверов. Управление трафиком происходит на основе специальных протоколов (например, OpenFlow), которые оперируют понятием поток (flow) и могут совершать различные действия с ним (разрешить, запретить, перенаправить, переписать поля в пакетах и т.д.).

Популярность программно-конфигурируемых сетей [3, 4] связана с возможностью разработки гибких систем управления потоками данных в Ethernet-сетях, без опора на стандартные протоколы, такие как OSPF, RIP, BGP, IGRP. Вынос логики управления потоками данных из коммутаторов в отдельный контроллер позволяет разрабатывать различные системы управления сетевым трафиком, решать задачи распределения и балансировки нагрузки, обеспечения контроля доступа, многопутевой маршрутизации. Открытость стандарта OpenFlow и его поддержка производителями сетевого оборудования позволяют разрабатывать разнообразные сетевые приложения без необходимости программирования сетевых коммутаторов, имеющих, как правило, закрытое программное обеспечение. Логика управления выносится из коммутаторов в контроллер OpenFlow, поэтому возможно упрощение их программно-аппаратной конфигурации и снижение конечной стоимости.

OpenFlow позволяет разработчикам работать в локальной сети с экспериментальными протоколами. Он добавлен в качестве новой возможности в коммерческие коммутаторы Ethernet, маршрутизаторы и беспроводные точки доступа, чтобы позволить эксперименты с сетью, не требуя раскрытия внутреннего устройства сетевых устройств. Стандарт OpenFlow в настоящее время принят большинством производителей сетевого оборудования. Сегодня коммутаторы с поддержкой OpenFlow доступны на рынке сетевого оборудования. Протокол OpenFlow базируется на технологии SDN (Software-Defined Networking) и может применяться в проводных и беспроводных сетях. В настоящий момент протокол имеет версию 1.5.

Контроллер ПКС [5, 6] является стратегическим пунктом в программно-конфигурируемой сети (SDN), он определяет политику управления сетью на основе заданных правил, а также работы специализированных приложений (например, эмулирующих работу STP или протоколов маршрутизации). Затем конечный результат передается на коммутаторы по протоколу OpenFlow в виде правил для flow-таблиц, содержащих информацию о том, куда и как передавать трафик. С одной стороны, такой подход дает большую гибкость в управлении

сетью, с другой – существенно упрощает администрирование (и, отчасти, архитектуру) сети.

В рамках данной НИР для реализации различных задач, включая маршрутизацию одноадресного и многоадресного трафика, необходимо выбрать адекватный контроллер ПКС с открытым исходным кодом. Также для него желательна интеграция с одной из систем мониторинга сети, например, с NetXMS [7].

В ходе сравнительного анализа были рассмотрены следующие контроллеры ПКС (см. таблицы 1 и 2): FloodLight [8, 9], Trema [10], Ryu [11, 12], Big Network Controller (платный) [13], Onix (платный) [14], OpenMul [15, 16], OnOS [17, 18], RUMOS [19], OpenDayLight [20, 21], HP SDN Client [22].

Таблица 1 – Сравнение основных ПКС-контроллеров (критерии а)-е))

Рассматриваемый ПКС-контроллер	Наличие открытого API	Поддержка многоточности	Динамическая загрузка сетевых приложений	Расширяемость	Поддержка децентрализованной работы	Версия стандарта OpenFlow
Floodlight	+	+	+	+	-	1.3 (1.4 в тестовом режиме)
Trema	+	+	-	+	+	1.3
Ryu	+	+	-	+	-	1.0, 1.2, 1.3, Nicira, 1.5
Big Network Controller	+	+	+	-	+	1.3
Onix	+	+	+	-	+	1.3
OpenMul	+	+	+	+	+	1.4
OnOS	+	+		+	+	1.3
RUMOS	+	+	+	+	+	1.3
Open Day Light	+	+	+	+	+	1.3
HP SDN Client	+	+	+	+	+	1.3

Для анализа были выбраны следующие критерии сравнения:

а) наличие открытого API – позволяет создавать сетевые приложения для ПКС;

б) поддержка многопоточности – поддержка возможности реализации многопоточных параллельных сетевых приложений для ПКС;

Таблица 2 – Сравнение основных ПКС-контроллеров (критерии ж)-н))

Рассматриваемый ПКС-контроллер	Язык программирования	Активная разработка	Наличие подробной документации	Поддержка TLS	Безопасная авторизация	Тип лицензии
Floodlight	Java	+	+	+	+	Apache License
Trema	C, Ruby	+	+	+	+	GNU GPL v2
Ryu	Python	+	-	+	-	Apache 2.0 license
Big Network Controller	Java	+	+	+	Неизвестно	Закрытая
Onix	C++, Python, Java	+	-	+	Неизвестно	Закрытая
OpenMul	C	+	+	+	+	BSD
OnOS	Java	+	-	+	+	Apache 2.0 license
RUNOS	C++ 11, QT	+	-	-	+	Apache 2.0 license
Open Day Light	Java	+	+	+	+	Eclipse Public
HP SDN Client	Python	+	+(неполная)	+	+	Apache 2.0 license

в) динамическая загрузка сетевых приложений – возможность запуска сетевых приложений для ПКС без остановки контроллера ПКС;

г) расширяемость – возможность замены или добавления новых компонентов к контроллеру ПКС;

- д) поддержка децентрализованной работы – возможность создания нескольких экземпляров контроллера;
- е) версия стандарта OpenFlow – номер версии стандарта, с которой совместим контроллер;
- ж) язык программирован – язык для разработки сетевых приложений;
- и) активная разработка – развивается ли проект в течение последних нескольких лет;
- к) наличие подробной документации;
- л) поддержка TLS;
- м) безопасная авторизация – авторизация пользователя с использованием безопасных протоколов;
- н) тип лицензии – позволяет ли лицензия разрабатывать новые модули, тем самым расширять возможности программного продукта.

Все критерии, за исключением е), ж) и н), подразумевают проверку соответствующего условия, результат которого отмечается символом “+” в случае истинности, “-” – в противном случае.

В таблице 1 отражены критерии а)-е), в таблице 2 – ж)-н).

Контроллеры Big Network Controller и Onix не подходят для целей проекта, т.к. они являются платными и имеют закрытый исходный код. Дальнейший анализ данной таблицы показывает, что контроллеры Trema, OpenMul, RUNOS являются тяжелыми для дальнейшего изменения, так как имеют сложное API. Ryu, OnOS и HP SDN Client не имеют подробной документации, что усложнит дальнейшую разработку, при их использовании.

В результате из оставшихся контроллеров ПКС Floodlight и OpenDayLight, был выбран OpenDayLight, т.к. он поддерживает децентрализованную работу, что является важным фактором для масштабирования ПКС и объединения отдельных сегментов ПКС. Также стоит отметить, что проект OpenDayLight поддерживается компанией Cisco [23] – крупнейшим производителем сетевого оборудования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №15-07-06071), Президента Российской Федерации, стипендия для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).

Список литературы

1. Программно определяемые сети (Software Defined Networks): настоящее и будущее [Электронный ресурс] // Habrahabr. – Электрон. дан. – 2012. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/hpe/blog/160531> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).
2. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks [Электронный ресурс] // *opennetworking*. – Электрон. дан. – 2012. Режим доступа: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).
3. OpenFlow is an open standard to deploy innovative protocols in production networks. [Электронный ресурс] // *Openflow*. – Электрон. дан. – 2012. Режим

доступна: <http://archive.openflow.org/wp/learnmore/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).

4. Сетевая технология OpenFlow (SDN). [Электронный ресурс] // book.itер.ru. – Электрон. дан. – 2014. Режим доступа: <http://book.itер.ru/4/41/openflow.htm> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).

5. What is an OpenFlow Controller? [Электронный ресурс] // [sdxcentral](http://sdxcentral.com). – Электрон. дан. – 2012. Режим доступа: <https://www.sdxcentral.com/resources/sdn/sdn-controllers/openflow-controller/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).

6. Контроллер, NOX, Veason. Обзорный курс [Электронный ресурс] // [arccn](http://arccn.ru). – Электрон. дан. – 2012. Режим доступа: <http://arccn.ru/knowledge-base?pdf=5151d43024c96.pdf> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015).

7. NetXMS [Электронный ресурс] // [NetXMS](http://netxms.org). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://www.netxms.org/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

8. Floodlight [Электронный ресурс] // [Floodlight](http://floodlight.org). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <http://www.projectfloodlight.org/floodlight/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

9. Floodlight [Электронный ресурс] // [GitHub](https://github.com/floodlight/floodlight). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/floodlight/floodlight> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

10. Trema [Электронный ресурс] // [GitHub](https://github.com/trema/trema). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/trema/trema> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

11. Ryu SDN Framework [Электронный ресурс] // [osrg.github](http://osrg.github.io). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <http://osrg.github.io/ryu/index.html> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

12. Ryu [Электронный ресурс] // [GitHub](https://github.com/osrg/ryu). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/osrg/ryu> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

13. Big Network Controller [Электронный ресурс] // [bigswitch](http://bigswitch.com). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <http://bigswitch.com/products/SDN-Controller> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

14. Onix: A Distributed Control Platform for Large-scale Production Networks [Электронный ресурс] // [usenix](http://usenix.org). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: https://www.usenix.org/legacy/event/osdi10/tech/full_papers/Koronen.pdf – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

15. Open MUL Foundation Home - HOME [Электронный ресурс] // [Open MUL](http://www.openmul.org). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: [https:// http://www.openmul.org/](http://www.openmul.org/) – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

16. [openmul](https://github.com/openmul/openmul) [Электронный ресурс] // [GitHub](https://github.com/openmul/openmul). – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/openmul/openmul> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)

17. ONOS [Электронный ресурс] // ONOS. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <http://onosproject.org/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
18. onos [Электронный ресурс] // GitHub. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/opennetworkinglab/onos> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
19. Runos [Электронный ресурс] // GitHub. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/ARCCN/runos> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
20. OpenDayLight [Электронный ресурс] // OpenDayLight. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://www.opendaylight.org/> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
21. OpenDayLight [Электронный ресурс] // GitHub. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/opendaylight/controller> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
22. hp-sdn-client [Электронный ресурс] // GitHub. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <https://github.com/dave-tucker/hp-sdn-client> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)
23. Cisco Open SDN Controller [Электронный ресурс] // Cisco. – Электрон. дан. – 2015. Режим доступа: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/cloud-systems-management/open-sdn-controller/index.html> – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.11.2015)