

МОВА ПРОГРАМУВАННЯ P4 МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ SDN

Нестеренко М.М., Топорков М.А.

Інститут телекомунікаційних систем КІП ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: nikolaiy.nesterenko@gmail.com, miha.toporkov@gmail.com

PROGRAMMING LANGUAGE P4 FOR NETWORK DEVICES SDN

Current trends in information technology place increasing demands on the flexibility and scalability of software-defined networks (SDN). These requirements contribute to the development of SDN management protocols. This paper discusses the P4 language, which can be an alternative to OpenFlow to describe packet processing in the switch.

Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій ставлять все більші вимоги до гнучкості та масштабованості програмно-конфігурованих мереж (SDN). Дані вимоги сприяють розвитку протоколів управління SDN. У цій роботі розглядаються характеристики мови P4 яка може спростити опис процесу обробки пакетів в комутаторі OpenFlow.

P4 - це мова програмування, призначений для програмування правил маршрутизації пакетів. Вона орієнтована на розробників, які описують принцип дії компіляторів, симуляторів і займаються налагодженням програм P4. На відміну від мови загального призначення, такого як C або Python, P4 - це предметно-орієнтована мова з рядом конструкцій, оптимізованих для мережевої маршрутизації.

Мова P4 з відкритим вихідним кодом, що ліцензується і підтримуваний некомерційною організацією, яка називається P4 Language Consortium. Вона також підтримується Open Networking Foundation (ONF) і Linux Foundation (LF) - двома найбільшими зонтичними організаціями в проектах з відкритим вихідним кодом в області мережевих технологій. Мова була придумана в 2013 році і описана в 2014 в документі SIGCOMM CCR під назвою «Programming Protocol-independent Packet Processors» [1]. З моменту свого створення P4 експоненціально зростає і розвивається, швидко стаючи стандартом опису передачі пакетів мережевими пристроями, включаючи мережеві адаптери, комутатори і маршрутизатори. «SDN перетворив мережеву індустрію, а P4 виводить SDN на новий рівень, забезпечуючи програмованість в області маршрутизації», - сказав Гуру Парулкар, виконавчий директор Open Networking Foundation. Оскільки мова призначена для додатків маршрутизації, список вимог і варіантів дизайну відмінний порівняно з мовами програмування загального призначення. Основними рисами мови є:

1. Незалежність від цільової реалізації. Програми P4 розробляються так, щоб вони не залежали від реалізації, тобто вони можуть бути скомпільовані для безлічі різних типів виконавчих машин, таких як процесори загального призначення, FPGA, системи на кристалі, мережеві процесори і ASIC. Ці різні

типи машин відомі як цілі P4, і під кожен мету необхідний компілятор для перетворення вихідного коду P4 в модель цільового комутатора. Компілятор може бути вбудований в цільовий пристрій, зовнішнє програмне забезпечення або навіть хмарний сервіс. Оскільки багато з початкових цілей для програм P4 використовувалися для простої комутації пакетів, дуже часто можна почути термін «комутатор P4», навіть якщо вживання «ціль P4» найчіткіше.

2. Незалежність від використовуваного протоколу. P4 незалежний від протоколів. Це означає, що мова не має вбудованої підтримки поширених протоколів, таких як IP, Ethernet, TCP, VXLAN або MPLS. Замість цього програміст P4 описує формати заголовків і імена полів необхідних протоколів в програмі, які в свою чергу інтерпретуються і обробляються компільованою програмою і цільовим пристроєм.

3. Реконфігурованість полів. Незалежність від типу полів у заголовку пакетів. Модель абстрактної мови допускає реконфігурованість. Цілі P4 повинні мати можливість змінювати обробку пакетів після розгортання системи. Ця можливість традиційно пов'язана з маршрутизацією за допомогою процесорів загального призначення або мережевих процесорів, а не інтегральних схем з фіксованими функціями.

Процес програмування комутатору P4 зображено на рис. 1.

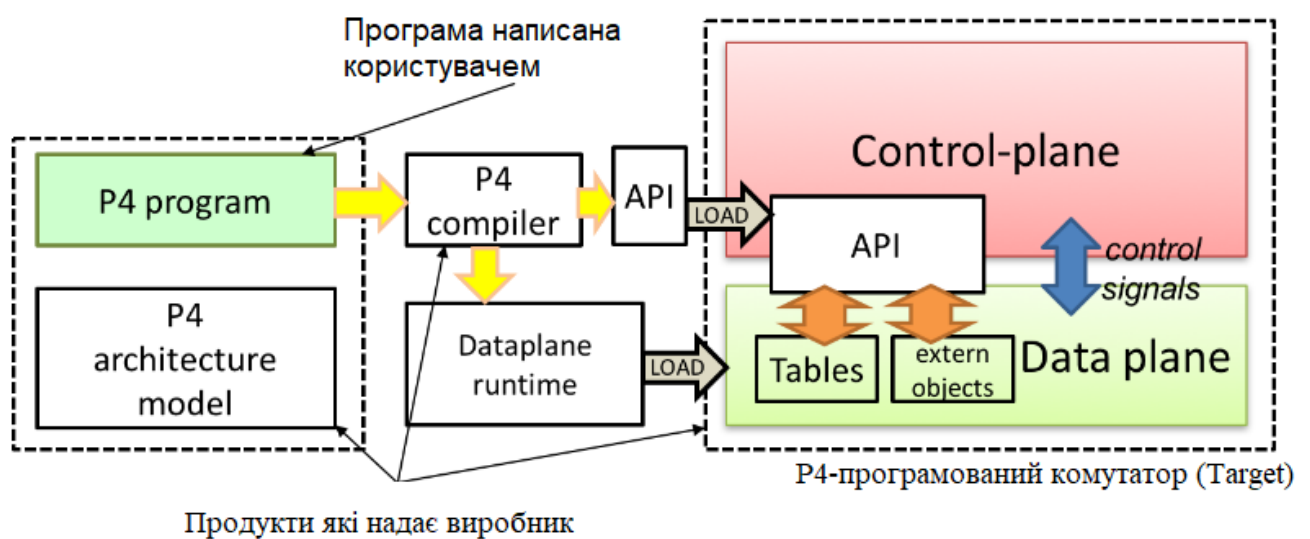


Рис. 1. Процес програмування комутатору P4.

Виробники комутаторів надають апаратну або програмну середовище реалізації, визначають архітектуру та компілятор P4 для реалізації певних задач на комутаторі. Програміст пише програму для конкретної архітектури, яка визначає набір програмованих P4 компонентів на машині, а також їх інтерфейси зовнішньої площини даних. Після чого компілятор генерує API, який потрібен для зв'язку площини управління з площиною даних. Та конфігурацію площини даних яка реалізує логіку пересилання пакетів описану в програмі P4.

Кожна програма P4 містить набір стандартних компонентів для опису обробки пакетів в площині даних:

- Заголовки - з їх допомогою визначаються заголовки протоколу. У визначенні заголовків задаються опис форматів пакетів і імена полів заголовків та фіксовані і змінні дозволені поля.

- Парсери – завдання парсерів полягає в розбиванні пакету по заданим заголовкам.

- Таблиці - містять стани для пересилки пакетів, описують одиницю дії Match-Action.

- Дії - опис того, як слід маніпулювати пакетом. Дії складаються з коду і даних. Дані надходять управлінського рівня (наприклад, IP-адреси / номери портів). Певні, безциклові примітиви можуть бути задані безпосередньо в дії, але кількість команд повинно бути передбачуваним. Тому дії не можуть містити ніяких циклів або умовні оператори.

- Потік управління - вказує порядок застосування модулів Match-Action. Це імперативна програма, яка визначає логіку високого рівня і послідовність Match-Action. Потік управління пов'язує всі об'єкти, задаючи рівень управління.

На даний момент P4 знаходиться на початковій стадії прийняття, але він вже демонструє позитивну динаміку інтересу серед гравців ринку. Організації, що мають достатньо внутрішнього досвіду для програмування мережевих чіпів, тепер можуть перетворити свої комутатори на все, що завгодно. Їм більше не потрібно чекати, поки їхній постачальник ASIC почне підтримувати новий протокол або змінить певний параметр, це можна зробити за допомогою внутрішніх інновацій.

Висновки. Ця гнучкість потенційно призводить до економічної ефективності, що дозволяє мережевим компаніям купувати апаратні компоненти безпосередньо у оригінальних виробників, не вдаючись до третьої сторони. Постачальники чіпів, у свою чергу, не хочуть допустити впровадження та навіть інвестувати в підтримку P4, щоб залишитися в тренді. Незважаючи на те, що невідомо, чи стане P4 галузевим стандартом, ініціативи таких компаній, як Google, Microsoft та інші, наближають його до такого.

Література

1. Pat Bosshart, Dan Daly, Martin Izzard, Nick McKeown, Jennifer Rexford, Cole Schlesinger, Dan Talayco, Amin Vahdat, George Varghese, David Walker, Programming Protocol-Independent Packet Processors. Barefoot Networks, Intel, Stanford University, Princeton University, Google, Microsoft Research. 2014.
2. Romanov O.I, Nesterenko M.M., Fesokha N.O., Mankivskyi V.B. Evaluation of productivity virtualization technologies of switching equipment telecommunications networks. Information and Telecommunication Sciences, 2020, Volume 11, Number 1 (20), page 53 – 58.
3. О.І. Романов, М.М. Нестеренко, В.Б. Маньківський, І.О. Сайченко «Модель оптимального розподілу навантаження в мережі доступу мобільного оператора»//Вісник Черкаського державного технологічного університету № 3 (2020), С.20-29.
4. <https://habr.com/ru/company/fgts/blog/460439/>.
5. <https://p4.org/p4-spec/docs/P4-16-v1.2.1.pdf>.
6. <https://github.com/p4lang>.