

Технічні науки

УДК 044.77

**Орлова Марія Миколаївна**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри  
системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Орлова Мария Николаевна**

*кандидат технических наук, доцент кафедры  
системного программирования и специализированных компьютерных систем  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Orlova Mariia**

*PhD, Assistant Professor of Department of  
System Programming and Specialized Computer Systems  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**Єрмоленко Ігор Андрійович**

*магістрант  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Ермоленко Игорь Андреевич**

*магистрант  
Национального технического университета Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Yermolenko Ihor**

*Student of the*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**МАТЕМАТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТОПОЛОГІЙ  
РІВНЯ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ТОПОЛОГИЙ УРОВНЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНО-  
КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ  
MATH COMPARISON OF PERFORMANCE OF SOFTWARE DEFINED  
NETWORKING CONTROL PLANE TOPOLOGIES**

***Анотація.** Проведений аналіз масштабованості рівня управління SDN, в яких вузли мають подібний обіг трафіку. Проаналізовані стандартні структури рівня управління, а саме - централізована, локально децентралізована і глобально децентралізована. Запропонована модифікована топологія рівня управління.*

***Ключові слова:** SDN, масштабованість мереж, рівень управління, час відгуку контролера, OpenFlow.*

***Аннотация.** Проведен анализ масштабируемости топологий уровня управления SDN, в которых узлы имеют подобное обращение трафика. Проанализированы стандартные структуры уровня управления, а именно централизованная, локально децентрализованная и глобально децентрализованная. Была предложена модифицированная топология уровня управления.*

**Ключевые слова:** *SDN, масштабируемость сетей, уровень контроля, время отклика контроллера, OpenFlow.*

**Summary.** *Scalability of the topologies of the SDN control level where nodes have a similar traffic flow was analyzed. The standard control structures as centralized, locally decentralized and globally decentralized were analyzed. Modified topology of control plane was proposed*

**Key words:** *SDN, networks scalability, control plane, controller response time, OpenFlow.*

**Вступ.** Існують два загальноприйнятих варіанти поліпшення продуктивності рівня управління SDN. Перший – це перенести частину функції управління на інші пристрої в мережі, наприклад, мережеві комутатори. Цей підхід дійсно дозволяє значно зменшити навантаження на центральний вузол, і значно збільшує загальну продуктивність мережі. Проте, комутатори повинні бути побудовані на спеціальній інтегральній схемі і мати центральний процесор. Таким чином, збільшується складність розгортання мережі. Другий підхід полягає в проектуванні особливого розподіленого рівня управління, який передбачає розподілення навантаження між декількома контролерами. Іншими словами, рівень управління буде працювати як розподілена комп'ютерна система, що колективно обробляє вхідні мережеві запити.

Як правило, архітектура рівня управління SDN може бути централізованою і децентралізованою. Децентралізована, в свою чергу, поділяється на два підвиди: локальний і глобальний. Вузли локального виду не бачать мережу в цілому. Кожен вузол обробляє запити тільки від частини вузлів мережі. В свою чергу, вузли в децентралізованих системах глобального

виду можуть приймати запити від усіх вузлів мережі. Децентралізовані структури також називають розподіленими структурами [1].

**Метою роботи** є математичне порівняння різних типів архітектури рівня управління SDN та створення власної структури рівня управління.

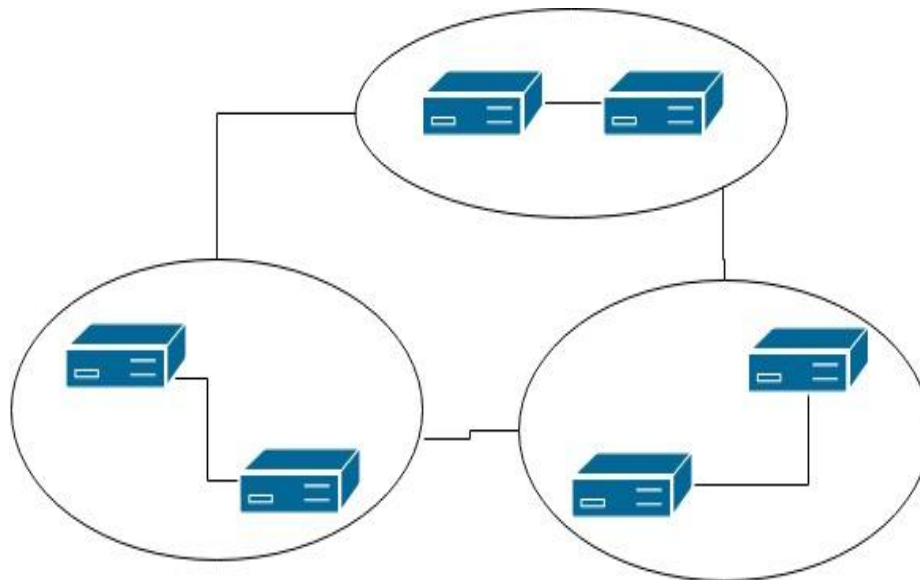
Навантажувальна спроможність контролера визначається центральним процесором, використанням пам'яті і завантаженістю мережі. Як правило, "вузьким місцем" є процесор. Тому будемо приймати до уваги тільки час, який витрачає центральний процесор для обробки одного запиту. Час обробки залежить від топології мережі, використаних алгоритмів маршрутизації і обчислювальної потужності контролера. Часова складність алгоритмів маршрутизації позначається  $g(V,E)$ , де  $V$  – кількість мережевих вузлів, а  $E$  – кількість мережевих з'єднань. Тоді ми припустимо, що час обробки підлягає експоненційному розподілу з середнім значенням  $(g(V,E))/K$ , де  $K$  – обчислювальна потужність [2]. Тому припустимо, що контролер використовує алгоритм Дейкстри для пошуку найкращого шляху. Складність алгоритму Дейкстри залежить від реалізації, і у загальному випадку складає  $O(V^2)$ . Для спрощення обчислень, в цій роботі допустимо, що  $g(V,E) = V^2$ . Оскільки надходження запитів з одного вузла до іншого піддається Пуассонівському розподіленню, а сума незалежних випадкових величин Пуассонівського розподілення представляє собою Пуассонівське розподілення, то сукупність запитів, що надходять до контролера, також піддаються Пуассонівському розподіленню. Таким чином, кожен контролер є моделлю черги  $M/M/1$  [3].

Базуючись на результатах досліджень, можна зробити висновок, що найбільш ефективною топологією рівня управління є децентралізована з локальною видимістю мережі. Проте, в даному випадку ми розглядали мережу, де один контролер відповідає за свою підмережу. Це виглядає як

об'єднання централізованих мереж. За результатами підрахунків, мережа централізована архітектура рівня контролю найгірше масштабується і має найгірші показники середнього часу відгуку контролера. Окрім того, навантаження на один контролер може бути значним. Тобто, не дивлячись на те, що при децентралізованій локальній архітектурі, кожному контролеру потрібно оброблювати запити зі значно меншої кількості вузлів, ніж в випадку з децентралізованою локальною структурою, все одно можливі випадки, коли навантаження на один контролер в підмережі буде значно більше очікуваного. А це негативно впливає на масштабованість рівня управління і на надійність мережі в цілому, оскільки, при відмовленні одного єдиного контролера, що управляє підмережею, можуть виникнути проблеми.

Значно кращим варіантом буде використання декількох контролерів, замість одного, для управління підмережею. Фактично децентралізувати контроль підмережі. Використовувати для даних цілей децентралізовану локальну архітектуру занадто складно. Оскільки, в будь-якому випадку організація цих топологій потребує більше ресурсів і часу для налаштування, ніж звичайна глобальна децентралізована архітектура. Окрім того, якщо вузлів в підмережі не так багато, ніякої різниці зі звичною глобальною децентралізованою топологією не буде.

Тому було вирішено поєднати децентралізовану локальну і децентралізовану глобальну структури. На рисунку 1 представлено схематичне зображення цієї архітектури.



**Рис. 1. Гібридна топологія рівня контролю**

Спочатку необхідно розрахувати швидкодію для об'єднань контролерів, тобто для децентралізованих глобальних контролерів. Тому для цих цілей будуть використовуватися ті ж самі формули, що і для глобальних контролерів. Різниця буде в кількості вузлів. Припустимо, що вони рівномірно розташовані відносно контролерів. Тоді, для кожної сукупності контролерів будемо використовувати  $N/M$ , де  $M$  - кількість груп контролерів.

Будемо вважати групу контролерів єдиним цілим. Тому надалі необхідно використовувати формули для розрахунків показників децентралізованої локальної архітектури. Замість кількості фізичних вузлів використовується кількість угруповань  $M$ .

При розрахунках середнього часу відгуку контролера в різних структурах були отримані результати, наведені в таблиці 1. Для розрахунку бралися наступні дані: кількість вузлів  $N = 100$ , швидкість прибуття запитів в секунду  $\lambda = 10$ , кількість контролерів в децентралізованих структурах  $m_D = 10$  і середня дистанція контролерів  $d_D = 5$ .

Таблиця 1

**Час відгуку контролера в різних архітектурах з заданими параметрами**

Тип структури	Централізована	Децентралізована (локальна)	Децентралізована (глобальна)	Децентралізована (гібридна)
$E, c$	$1,194 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-6}$	$1,026 \times 10^{-5}$	$4,7 \times 10^{-7}$

**Висновки.** В результаті проведених досліджень показано, що гібридна децентралізована архітектура рівня управління зменшує час відгуку контролера приблизно в 4 рази, порівняно зі стандартними архітектурами рівня управління. А це означає, що модифікована архітектура рівня контролю дозволяє масштабуватися мережі з найменшою втратою швидкодії порівняно з іншими архітектурами.

**Література**

1. Nadeau T. SDN – Software Defined Networks. / T. Nadeau — CA.: published by O'reilly media, 2013. – 80 с.
2. Goransson P. Software Defined Networks: A Comprehensive Approach. / P. Goransson. — MA.: Elsevier Inc, 2014. — С. 215.
3. Azodolmolky S. Software Defined Networking with OpenFlow / S. Azodolmolky – UK.: Packt Publishing, 2013. – 148 с.