

АЛГОРИТМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В SDN-МЕРЕЖІ

Романов О.І., Нестеренко М.М., Костюк К.М.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

*E-mail: a_i_romanov@ukr.net, nikolaiy.nesterenko@gmail.com,
kiril.kostiuk.mik@gmail.com*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR LOAD BALANCING IN SDN

This paper presents Artificial Intelligence (AI) algorithms for optimizing traffic management in Software Defined Networks (SDN). It discusses the integration of monitoring and AI analysis modules to enhance load balancing and dynamic traffic reconfiguration. Leveraging AI enables networks to forecast and manage parameters intelligently, addressing challenges like low reliability and inefficient resource usage. The paper also examines popular algorithms for resource optimization and their advantages, highlighting the importance of these technologies.

Технологія SDN надає нові можливості для реконфігурації мережевого обладнання операторів та мережевої архітектури (наприклад, розділення управління та переадресації, віртуалізація, динамічна реконфігурація, централізоване управління та контроль), які вирішують проблему низької надійності мережі, низького та незбалансованого рівня використання мережевих ресурсів, високих витрат на експлуатацію та обслуговування та інше.

В свою чергу, використання алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) надає мережі когнітивні здібності з можливістю інтелектуального прогнозування та оптимізації параметрів мережі. Використання мережі SDN з технологією ШІ не буде занадто покладатися на людський досвід, тобто ШІ допоможе контролювати та оптимізувати мережу за допомогою постійного більш точного аналізу даних та адаптивних алгоритмів.

Для розширення можливостей та функціоналу SDN-контролера можна інтегрувати додаткові модулі: моніторингу для збору додаткових параметрів мережі (обладнання) та модуль ШІ-аналізу (прогнозування) та управління. На рис. 1. показана узагальнена структура впровадження інтелектуального рівня в мережу SDN. Розглянемо призначення та взаємодію інтегрованих модулів з SDN-контролером та елементами гетерогенної мережі.

Модуль моніторингу – отримує інформацію про завантаження елементів мережі за допомогою протоколів:

SNMP/NETCONF – модифіковані протоколи управління та моніторингу визначених параметрів мережі з підтримкою протоколу OPENFLOW;

Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP) – даний протокол створений для збору статистики таких мережевих вендорів як Huawei (наприклад: затримка (delay), тремтіння (jitter), коефіцієнт втрати пакетів “packet loss rate”, навантаження на процесор, і т. д.);

MQTT – протокол збору телеметрії, в тому числі параметри активного мережевого обладнання, використовується для обміну повідомленнями між пристроями мережі IoT.

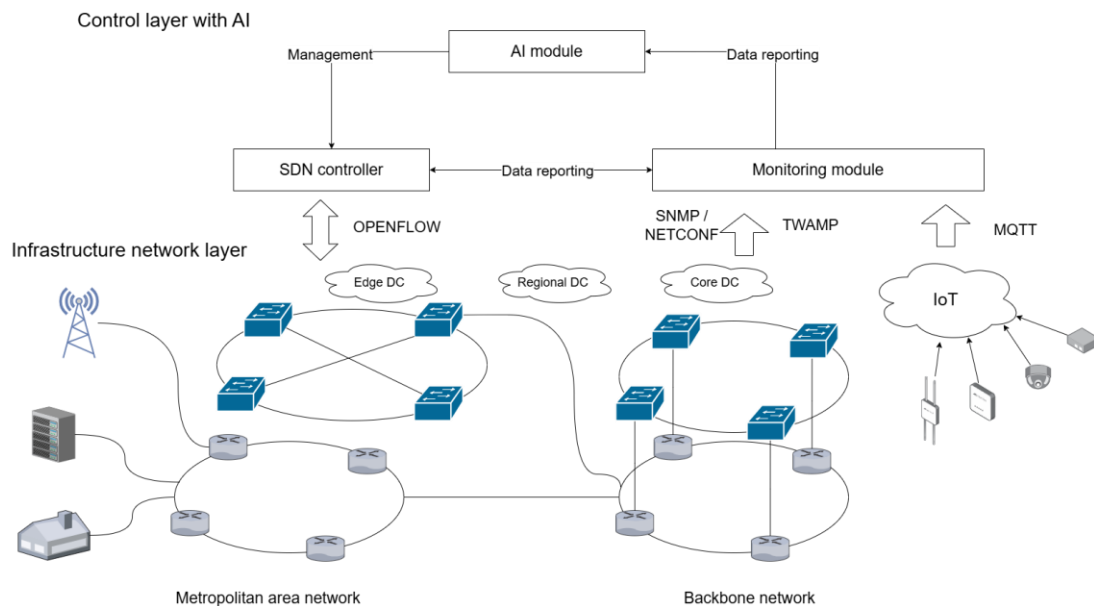


Рис. 1. Архітектура SDN-мережі з використанням ІІІ.

Модуль ІІІ-аналізу (прогнозування) та управління – аналізує надану модулем моніторингу статистику та формує “інтелектуальні стратегії”, що полягають в:

- динамічній корекції трафіку – оптимізація шляхів проходження даних в реальному часі на основі актуальних показників завантаження, затримки, використання ресурсів та інших мережевих параметрів;

- оптимізації використання ресурсів – планування і управління ресурсами (перенаправлення навантаження шляхом зміни маршруту трафіку) для досягнення рівномірного завантаження;

- профілактиці перевантажень – постійне визначення потенційних зон перевантаження в мережі і завчасне вжиття заходів для балансування трафіку, щоб уникнути перевантажень окремих вузлів/маршрутів.

Причому, інтелектуальні стратегії представляють собою комплексні алгоритми і рішення, що дозволяють автоматизувати процеси управління мережею та забезпечувати її оптимізацію в умовах динамічного навантаження.

Розглянемо популярні алгоритми для оптимізації використання мережевих ресурсів та балансування навантаження в SDN-мережі:

Mapping Algorithm Based on Particle Swarm Optimization (PSO) – створений для ефективного використання наявних мережевих ресурсів. Основою алгоритму є використання методу рою частинок. Переваги алгоритму: можливість рівномірного розподілу ресурсів мережі, що зменшує навантаження на окремі вузли, збільшує сумарну пропускну спроможність групи маршрутів; невелика обчислювальна складність. Серед мінусів: ефективний для мереж з відносно невеликою кількістю вузлів (<500 вузлів), оскільки при обчисленні

оптимальних маршрутів алгоритм не враховує всі можливі маршрути і шукає найоптимальніший локальний маршрут; не враховує допустиму швидкість передачі ліній, які входять до складу маршрутів, що аналізуються;

Weight Particle Swarm Optimization (WPSO) – модифікований PSO, що додатково аналізує допустиму швидкість передачі ліній у визначених маршрутах. Основний недолік шукає найоптимальніший локальний маршрут, тобто не враховує всі можливі маршрути передачі.

Genetic Weight Particle Swarm Optimization (GWPSO) – модифікований WPSO, що покращений шляхом поєднання методу рою частинок (алгоритми PSO/WPSO) з генетичним алгоритмом. Генетичний алгоритм за рахунок своєї особливості (“мутацій” і “кросоверів”) поєднує та змінює вже проаналізовані маршрути, а саме збільшує кількість варіацій маршрутів розширюючи вибірку проаналізованих маршрутів на всю мережу, а також враховує нові, щойно додані, вузли. Впровадження генетичного алгоритму дозволило вирішити проблему розподілу ресурсів тільки локальних маршрутів, що дозволить розподіляти ресурси великих мереж (>500 вузлів). Серед недоліків можна зазначити, що алгоритм потребує більше обчислювальних ресурсів, ніж звичайні PSO або WPSO.

Використання технологій ШІ дозволяє розширити функціонал SDN-контролера за рахунок інтелектуалізації методів обробки статистичних даних та визначення інтелектуальних стратегій обробки потоків даних для балансування, прогнозування перенавантажень. На ефективність використання розглянутих алгоритмів (PSO, WPSO, GWPSO) впливає: розмірність мережі, кількість отриманих параметрів, повнота отриманих даних та потребує подальшого дослідження.

Література

1. Construction and Methods for Solving Problems at the SDN Control Level / O. Romanov et al. Emerging Networking in the Digital Transformation Age. Cham, 2023. P. 85–101. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_6.
2. Romanov, O., Nesterenko, M., Marinov, A., Skolets, S., Burlaka, H. SDN network modeling using the GUI MiniEdit/Proceedings - 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2022, 2022, стр. 637–642
3. Guo A., Yuan C. Network Intelligent Control and Traffic Optimization Based on SDN and Artificial Intelligence. Electronics. 2021. Vol. 10, no. 6. P. 700. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics10060700>.
4. Directions for the Development of SDN Networks: Setting Tasks, Management Methods, Interfaces. / O. Romanov et al. 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), Kyiv, Ukraine, 13–18 November 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/ukrmico61577.2023.10380413>
5. Event Model Algorithm with Microservice Architecture Implementation / O. Romanov et al. 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 10–12 October 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/picst57299.2022.10238498>.
6. Alhilali A. H., Montazerolghaem A. Artificial intelligence based load balancing in SDN: A comprehensive survey. Internet of Things. 2023. Vol. 22. P. 100814. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100814>.