

Математичне моделювання та методи маршрутизації в програмно-конфігурованих мережах (SDN) на базі мультиагентних систем.

Анотація

Доповідь присвячено розв'язанню актуальної наукової задачі динамічного керування трафіком у програмно-конфігурованих мережах (SDN). Розглядаються обмеження централізованих архітектур керування, зокрема проблеми масштабованості контролера та інерційності реакції на зміни топології.

В роботі запропоновано та обґрунтовано використання децентралізованого підходу на основі кооперативних мультиагентних систем навчання з підкріпленням (MARL).

Ключові аспекти доповіді:

1. Математична постановка задачі: Формалізація задачі оптимізації маршрутизації як мінімізації цільової функції вартості (затримка, втрати, перевантаження) при обмеженнях пропускну здатності каналів.
2. Аналіз стратегій керування: Порівняльне дослідження двох підходів до формування простору дій агентів — Flow-based (безпосередній вибір маршруту для потоку) та Weight-based (динамічне налаштування ваг для протоколу ECMP). Експериментально показано перевагу Flow-based підходу у зниженні затримок на 15–20% завдяки ізоляції «важких» потоків.
3. Дослідження відмовостійкості (Fault Tolerance): Проведено порівняльний аналіз ефективності графових нейронних мереж (GCN, GAT) та методу Q-Learning в умовах аварійної зміни топології (відмова комутатора).
4. Результати моделювання: Наведено результати емуляційних експериментів у середовищі Mininet, які доводять, що агент Q-Learning забезпечує успішну адаптацію маршрутів у 85% випадків аварій, тоді як класичні GNN-моделі демонструють низьку здатність до індуктивного узагальнення (до 30% відмов).

Ключові слова: SDN, Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL), Flow-based routing, GCN, GAT, Q-Learning, адаптивна маршрутизація, відмовостійкість.