

**УДК 004.3**

**Н. А. Шевченко, Г. В. Шимчук**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАРШРУТИЗАЦІЇ З БАГАТЬМА МАРШРУТАМИ (EQUAL-COST MULTI-PATH)**

**N. A. Shevchenko, G. V. Shymchuk**

### **UTILIZING MULTI-PATH ROUTING TECHNOLOGIES (EQUAL-COST MULTI- PATH)**

Equal-Cost Multi-Path (ECMP) – це технологія маршрутизації, яка дозволяє маршрутизаторам та комутаторам вибирати і використовувати кілька рівноцінних маршрутів для направлення мережевого трафіку до одного й того ж призначення.

Коли маршрутизатор або комутатор отримує пакет для відправки на певний призначений IP-адресу, він перевіряє таблицю маршрутизації і помічає, що є декілька рівноцінних маршрутів для цього призначення. Тоді він вирішує відправити пакет на один з цих маршрутів. Вибір маршруту може здійснюватися на основі різних алгоритмів, таких як хешування заголовків пакета, ідентифікаторів сесій, або інших факторів.

Пакети рівномірно розподіляються між рівноцінними маршрутами. Це означає, що мережевий трафік розділяється між доступними маршрутами у пропорціях, що визначаються алгоритмом балансування.

Якщо один із маршрутів стає недоступним через відмову або проблеми у мережі, ECMP автоматично переключує трафік на інший діючий маршрут, що забезпечує надійність та відновлення мережі.

Цей підхід дозволяє досягти балансування навантаження в мережі, розподіляючи трафік рівномірно між декількома шляхами, тим самим підвищуючи продуктивність та стійкість мережі.

Збільшення стійкості в Equal-Cost Multi-Path (ECMP) в основному відбувається завдяки можливості автоматичного перенаправлення трафіку на альтернативні маршрути в разі відмови або проблем на одному із шляхів.

Спочатку встановлюються рівноцінні маршрути до одного й того ж призначення. Ці маршрути мають однакову метрику або «cost», тобто вони мають однакову пріоритетність в таблиці маршрутизації.

Маршрутизатори та комутатори, що використовують ECMP, постійно моніторять стан усіх доступних маршрутів. Вони слідкують за доступністю маршрутів, вимірюють їх продуктивність та перевіряють, чи все ще можна використовувати ці маршрути для транспортування трафіку.

Якщо один із маршрутів стає недоступним через відмову мережевого з'єднання або інші проблеми, мережевий обладнання зі значенням ECMP автоматично перестає використовувати цей маршрут для нового трафіку.

Коли відбувається відмова або проблема на одному із маршрутів, мережеве обладнання автоматично перенаправляє новий трафік на інший діючий маршрут, який все ще доступний. Це забезпечує безперервну роботу мережі та уникнення втрати трафіку.

Таким чином, ECMP сприяє підвищенню стійкості мережі, оскільки вона може адаптуватися до змін у стані маршрутів та автоматично переключати трафік на резервні маршрути для забезпечення безперервної роботи.

Використання однакової метрики в мережевих протоколах маршрутизації, таких як OSPF (Open Shortest Path First) або BGP (Border Gateway Protocol), важливе для

встановлення рівноцінних маршрутів і забезпечення балансування навантаження в технологіях, як Equal-Cost Multi-Path (ECMP). Ось як відбувається використання однакової метрики.

Метрика або «cost» – це числова оцінка, яка визначає, наскільки "дорогою" є даний маршрут для передачі трафіку. Наприклад, у протоколі OSPF, метрика визначається на основі пропускну здатності та інших чинників, і менша метрика вказує на кращий маршрут.

Для використання однакової метрики всі доступні маршрути до одного призначення налаштовуються так, щоб мати однакову метрику. Наприклад, якщо маршрутизатори використовують OSPF, то для кожного маршруту до певного призначення встановлюється однакова метрика для всіх маршрутів, які мають рівноцінний шлях до цільового вузла.

Коли мережевий обладнання приймає рішення про вибір маршруту для направлення трафіку до конкретного призначення, воно перевіряє таблицю маршрутизації та вибирає один із маршрутів з однаковою метрикою.

Коли декілька рівноцінних маршрутів із однаковою метрикою доступні, мережеве обладнання автоматично розділяє трафік між ними, забезпечуючи балансування навантаження. Кожен пакет може бути направлений одним із шляхів у пропорціях, визначених алгоритмом балансування.

Equal-Cost Multi-Path (ECMP) допомагає забезпечити стійкість та відновлення в мережі, особливо в разі відмови або проблем з одним із маршрутів. ECMP допомагає забезпечити цю стійкість та відновлення в таких випадках:

1. Коли використовується ECMP, трафік розподіляється між кількома рівноцінними маршрутами. Якщо один із цих маршрутів стає недоступним через відмову або проблему, мережеве обладнання автоматично перенаправляє новий трафік на інший діючий маршрут.

2. Поки всі маршрути до одного призначення є доступними, ECMP розподіляє трафік рівномірно між ними.

3. Мережеве обладнання, що використовує ECMP, постійно моніторить стан усіх маршрутів, які входять до ECMP-групи.

4. Після відновлення стану на раніше недоступному маршруті, мережеве обладнання може автоматично почати використовувати його знову для розподілу трафіку.

Equal-Cost Multi-Path (ECMP) дозволяє розподілити трафік між рівноцінними маршрутами з однаковою метрикою. Вона сприяє балансуванню навантаження та підвищенню стійкості мережі шляхом автоматичного перенаправлення трафіку на інший діючий маршрут у разі відмови або проблеми на одному з них. ECMP дозволяє досягти високої надійності та відновлення мережі та є корисною технологією для підвищення продуктивності та стійкості в сучасних IP- мережах.

### **Література**

1. Cheng, J.; Cheng, J.; Zhou, M.; Liu, F.; Gao, S.; Liu, C. Routing in Internet of Vehicles: A Review. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 2015, 16, 2339-2352.

2. Dong Sun, Kaixin Zhao, Yaming Fang and Jie Cui: Dynamic Traffic Scheduling and Congestion Control across Data Centers Based on SDN: July 2018.

3. Rodríguez F.J., Fernandez S., Sanz I, et al. Distributed Approach for Smart Grids Reconfiguration Based on the OSPF Routing Protocol [J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2016, 12(2): 864-871.