

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «АСТАНА»

**ІНФОРМАТИКА, МАТЕМАТИКА,
АВТОМАТИКА**

ІМА :: 2025

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
молодих учених**

(Суми – Астана, 21–25 квітня 2025 року)

Суми
Сумський державний університет
2025

Механізми реалізації балансування навантаження у протоколах резервування шлюзів за замовчуванням

Савченко Р.О., *здобувач*

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Україна

В сучасних комунікаційних мережах надійність шлюзів за замовчуванням є критично важливим фактором для забезпечення безперебійного функціонування сервісів [1, 2]. Традиційно для резервування шлюзів використовуються протоколи віртуальної маршрутизації, як-от VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol). Однак його основне обмеження полягає у відсутності механізмів балансування навантаження, що призводить до неефективного використання доступних мережних ресурсів.

Альтернативою є протокол GLBP (Gateway Load Balancing Protocol), розроблений Cisco, який поєднує функції резервування з автоматичним розподілом навантаження між активними шлюзами [1, 2]. Водночас існують методи імітації балансування за допомогою VRRP шляхом використання кількох віртуальних груп (шлюзів). Однак цей підхід не забезпечує справжнього динамічного балансування, оскільки розподіл трафіку залежить виключно від статичної конфігурації та жорстко прив'язаний до конкретних підмереж, визначених в ACL-правилах. VRRP з множинними VRID імітує балансування через попередньо заданий розподіл кінцевих пристроїв між окремими віртуальними шлюзами без можливості динамічного перерозподілу та не враховує реального стану системи, потребуючи постійного ручного коригування.

Метою даного дослідження є аналіз та порівняння ефективності цих двох підходів до балансування навантаження у протоколах резервування шлюзів за замовчуванням (Таблиця 1). У роботі також оцінювався час відновлення при виході з ладу одного зі шлюзів. Отримані результати дозволять визначити оптимальні сценарії використання VRRP та GLBP в реальних мережних інфраструктурах.

Для оцінки ефективності балансування навантаження було розгорнуто тестове середовище з двох маршрутизаторів Cisco IOS, десяти клієнтських станцій під управлінням ОС Ubuntu. Водночас

генерацію трафіку виконано за допомогою iPerf3 (UDP потік зі швидкістю 1 Гбіт/с).

Таблиця 1 – Частки потоки після балансування.

Протокол / режим балансування	Частка потоку через R1	Частка потоку через R2
VRRP зі штучним балансуванням	48%	52%
GLBP з Round-Robin	50%	50%
GLBP з Weighted (2:1)	67%	33%

Другим експериментом було дослідження часу відновлення під час збоїв. Для отримання результатів у середовищі тестування штучно відключався інтерфейс активного маршрутизатора та вимірювався час відновлення у межах 20 ітерацій (рис. 1).

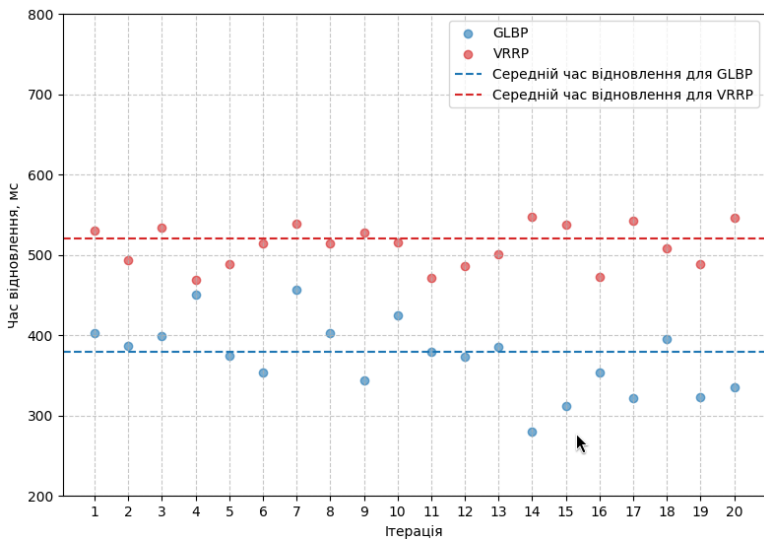


Рисунок 1 – Час відновлення передавання трафіку під час збоїв

У першому досліді результати демонструють передбачувану та коректну роботу механізмів балансування навантаження в межах протоколу GLBP. У режимі Round-Robin спостерігається рівномірний

розподіл трафіку між маршрутизаторами R1 та R2 (50% на 50%), що цілком відповідає очікуванням для даної стратегії. У режимі Weighted із співвідношенням 2:1 система передбачувано спрямовує 67% потоку через R1 та 33% — через R2, що свідчить про штатне функціонування алгоритмів вагового балансування GLBP. Щодо VRRP зі штучним балансуванням, розподіл трафіку між маршрутизаторами також близький до симетричного (48% на 52%), що пояснюється рівномірним налаштуванням преференцій для обох груп VRRP. У цьому випадку досягнутий баланс є результатом адміністративного поділу на віртуальні групи, а не нативної здатності протоколу до автоматичного балансування.

Дослідження відновлення зв'язку у разі збою доводить, що GLBP має переваги у швидкості відновлення завдяки своїй архітектурі, що орієнтована на балансування навантаження та оперативне відновлення. На відміну від VRRP, GLBP не потребує повного переформування групи – у разі відмови один із задалегідь визначених AVF (Active Virtual Forwarder) миттєво перебирає на себе функції, мінімізуючи час простою. Розподіл MAC-адрес та вбудовані механізми обробки ARP-запитів дають змогу уникати зайвих оновлень ARP, що часто уповільнює роботу VRRP. Крім того, оптимізації, впроваджені Cisco, як-от прискорені повідомлення перевірки зв'язку Fast Hello та кешування в апаратних модулях маршрутизатора ASIC, суттєво зменшують затримки. GLBP також не потребує відкладеного примусового перевибору (preempt) чи складної синхронізації між маршрутизаторами, що додатково пришвидшує реакцію на збої.

1. F. N. Wibowo, F. A. Yulianto and H. H. Nuha, "Performance Comparison Analysis of Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) with Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) on a DMVPN Network," *2023 11th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, Melaka, Malaysia, 2023, pp. 499-504, doi: 10.1109/ICoICT58202.2023.10262804.
2. N. B. Saud and M. Mansour, "Performance Evaluation of First Hop Redundancy Protocols in IPv4 and IPv6 Networks," *2023 IEEE 3rd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA)*, Benghazi, Libya, 2023, pp. 440-445, doi: 10.1109/MI-STA57575.2023.10169462.