УДК 621.396.6

# ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ VPN З ВІДКРИТИМ ВИХІДНИМ КОДОМ

Світличний Є.Ю., Агеєв Д.В.
e-mail: yevhen.svitlychnyi.cpe@nure.ua
Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф. ІКІ ім. В.В. Поповського
м. Харків, Україна

Virtual Private Networks (VPNs) are essential for ensuring secure connections between remote users and corporate networks. This study evaluates the performance of various Linux-based VPN solutions, comparing them in terms of overhead, bandwidth, latency, and security. Experimental results indicate that UDP-based VPNs offer higher efficiency and lower latency compared to TCP-based alternatives.

Віртуальні приватні мережі (VPN) відіграють важливу роль у створенні безпечного зв’язку між віддаленими користувачами та корпоративними мережами. Традиційно організації використовують апаратні та програмні VPN-рішення, проте останнім часом зростає популярність open-source рішень. Одним із ключових викликів при використанні VPN є вибір оптимального рішення, що забезпечує баланс між продуктивністю, безпекою та простотою налаштування. В цій роботі розглянуто найпоширеніші open-source VPN-рішення на основі Linux, оцінено їх ефективність та проаналізовано ключові параметри, що впливають на їхню продуктивність.

**Головною метою дослідження** є визначення впливу типу VPN-протоколу на продуктивність мережі. Основні завдання дослідження:

1. Оцінка накладних витрат, пропускної здатності, затримки та джиттера різних VPN-рішень.
2. Визначення особливостей налаштування та масштабованості VPN.
3. Аналіз рівня безпеки VPN-протоколів та їх відповідності сучасним стандартам кібербезпеки.
4. Надання рекомендацій щодо вибору оптимального VPN-рішення залежно від потреб користувача.

**Методика дослідження.** Було створено експериментальний стенд із двома VPN-маршрутизаторами, які використовували різні VPN-протоколи для з'єднання двох приватних мереж. Вимірювання проводилися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, такого як iperf для оцінки пропускної здатності, ping для вимірювання затримки та Ethereal для аналізу мережевого трафіку. Також оцінювалися рівень безпеки, зручність налаштування та гнучкість VPN-рішень у реальних умовах використання.

**Результати дослідження.** Дослідження показало, що VPN-рішення, які використовують UDP, мають значно менші накладні витрати та

забезпечують вищу пропускну здатність порівняно з тими, що працюють на основі TCP. Наприклад, FreeS/WAN демонструє низьку затримку (20-30 мс) та стабільність, що робить його зручним для використання у режимі реального часу. Водночас Cipe та PPTP показують хорошу пропускну здатність, забезпечуючи швидкість передачі даних на рівні 45-50 Мбіт/с, у той час як рішення на основі TCP досягають лише 25-30 Мбіт/с.

У плані практичної реалізації більшість VPN-рішень вимагає ручного налаштування маршрутизації, що може створювати певні труднощі при масштабуванні мережі. Однак Tinc виявився найзручнішим у цьому плані, оскільки потребує мінімальних змін при додаванні нових вузлів.

| **Параметр** | **TCP-основані VPN** | **UDP-основані VPN** |
|---|---|---|
| Накладні витрати | Високі | Низькі (на 50%) |
| Пропускна здатність | 25-30 Мбіт/с | 45-50 Мбіт/с |
| Затримка (латентність) | 40-50 мс | 20-30 мс |
| Джиттер | Високий (15-20 мс) | Низький (5-10 мс) |

**Висновки.** Проведене дослідження показало, що вибір VPN-рішення має бути зваженим та базуватися на конкретних вимогах користувача. VPN, що використовують UDP, демонструють вищу продуктивність, меншу затримку та краще підходять для завдань, де важлива швидкість обміну даними. Натомість рішення, що працюють на основі TCP, можуть бути доцільними у випадках, коли необхідно гарантувати контроль за передачею пакетів.

Вибір оптимального VPN має враховувати такі фактори, як рівень безпеки, зручність адміністрування, вимоги до продуктивності та підтримку додаткових функцій. Подальші дослідження мають зосередитися на розробці гібридних підходів, що поєднують переваги різних VPN-технологій та дозволяють досягти оптимального балансу між безпекою та продуктивністю.

Список використаних джерел:

1. R. Venkateswaran, "Virtual private networks," in *IEEE Potentials*, vol. 20, no. 1, pp. 11-15, Feb-March 2001, DOI: 10.1109/45.913204.

2. C. J. C. Pena and J. Evans, "Performance evaluation of software virtual private networks (VPN)," *Proceedings 25th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks. LCN 2000*, Tampa, FL, USA, 2000, pp. 522-523, doi: 10.1109/LCN.2000.891094..

3. Schneier, B. "Security in the Real World: How to Evaluate Security Technology." *Computer Security Journal*, v 15, n 4, 1999, pp. 1-14.

4. De Clercq, Jeremy, and Olivier Paridaens. "Scalability implications of virtual private networks." *IEEE Communications Magazine* 2002, 40, no. 5 pp. 151-157.