





# POLSKO-JAPOŃSKA AKADEMIA TECHNIK KOMPUTEROWYCH

## Wydział Informatyki

Specjalizacja: Technologie sieci urządzeń  
mobilnych oraz chmury obliczeniowej

**Szymon Kogut**

Numer albumu: 24271

## Porównanie modeli scentralizowanych i rozproszonych w wirtualnych sieciach prywatnych

Comparison of centralized and distributed  
models in virtual private networks

**Rodzaj pracy**

Magisterska

**Imię i nazwisko promotora**

dr Tadeusz Puźniakowski

Warszawa 18 stycznia 2026

**Streszczenie:** Celem pracy jest weryfikacja różnych modeli i protokołów sieci wirtualnych pod kątem stabilności w restrykcyjnym środowisku oraz łatwości utrzymania w projektach o niskim stopniu złożoności infrastrukturalnej.

Porównaniem objęto następujące protokoły: OpenVPN (topologia scentralizowana), Nebula (topologia rozproszona) oraz WireGuard (obie topologie). Przygotowano skrypty automatyzujące proces wdrażania.

W ramach badań przeprowadzono testy wydajnościowe przepustowości, opóźnień i obciążenia zasobów. Zbadano stabilność połączeń w restrykcyjnych warunkach sieciowych oraz oceniono skalowalność poszczególnych rozwiązań przy zwiększaniu liczby węzłów.

W pracy dodatkowo zawarto ocenę łatwości wdrożenia poszczególnych rozwiązań.

**Słowa kluczowe:** vpn, openvpn, nebula, wireguard

# Spis treści

01. Wstęp .....	1
02. Słownik pojęć .....	2
03. Restrykcyjne środowisko sieciowe.....	3
04. Badane modele .....	4
05. Model scentralizowany.....	4
06. Model rozproszony.....	4
07. Badane protokoły .....	5
07.1. OpenVPN .....	5
07.2. WireGuard .....	5
07.3. Nebula.....	5
08. Metodyka badań .....	6
08.1. Narzędzia pomiarowe i metryki .....	6
08.2. Metodyka oceny złożoności wdrożenia .....	6
08.3. Scenariusze testowe.....	6
08.3.1. Scenariusz bazowy .....	6
08.3.2. Scenariusz restrykcyjny .....	6
08.3.3. Scenariusz skalowalności .....	6
09. Konfiguracja środowiska.....	7
09.1. Automatyzacja procesu wdrażania .....	7
09.2. Konfiguracja OpenVPN .....	7
09.3. Konfiguracja WireGuard w modelu rozproszonym .....	7
09.4. Konfiguracja WireGuard w modelu scentralizowanym .....	7
09.5. Problemy napotkane podczas implementacji .....	7
10. Analiza wyników.....	8
10.1. Badanie wydajności sieciowej.....	8
10.2. Analiza obciążenia zasobów systemowych .....	8
10.3. Odporność na trudne warunki sieciowe.....	8
10.4. Analiza skalowalności.....	8
10.5. Ocena złożoności konfiguracji i utrzymania .....	8
11. Podsumowanie .....	9
11.1. Synteza wyników.....	9
11.2. Wnioski końcowe.....	9
12. Bibliografia .....	10
13. Załączniki .....	11

# Spis rysunków

# 01. Wstęp

Internet początkowo rozwijał się jako zdecentralizowana sieć tworzona oddolnie przez niezależne podmioty. Z czasem usługi świadczone za jego pośrednictwem zyskały na znaczeniu a wraz z tym uległy monopolizacji przez duże korporacje.

Aspekty takie jak suwerenność danych, ochrona prywatności, ograniczenie kosztów czy potrzeba autonomii to czynniki motywujące użytkowników indywidualnych oraz małe przedsiębiorstwa do zwrócenia się w stronę samodzielnego utrzymywania infrastruktury usług na potrzeby własne.

Niezastąpione przy takim podejściu są sieci wirtualne. Łączą one urządzenia, niezależnie od ich fizycznej lokalizacji. Jest to niezbędne dla zachowania pełni funkcjonalności w porównaniu z komercyjnymi rozwiązaniami.

Niniejsza praca ma na celu przegląd dostępnych rozwiązań z zakresu sieci wirtualnych. Celem jest znalezienie optymalnego rozwiązania dostosowanego do skali projektów o niskim stopniu złożoności infrastrukturalnej.

W związku z powyższym, przy analizie skupiono się nie tylko na pomiarze syntetycznej wydajności poszczególnych rozwiązań, ale również zbadano skalowalność, łatwość wdrożenia oraz stabilność pracy w restrykcyjnych warunkach sieciowych.

## 02. Słownik pojęć

1. Lorem - *Ipsum*

## 03. Restrykcyjne środowisko sieciowe

04. Badane modele

05. Model scentralizowany

06. Model rozproszony

## 07. Badane protokoły

07.1. OpenVPN

07.2. WireGuard

07.3. Nebula

## 08. Metodyka badań

### 08.1. Narzędzia pomiarowe i metryki

### 08.2. Metodyka oceny złożoności wdrożenia

### 08.3. Scenariusze testowe

#### 08.3.1. Scenariusz bazowy

#### 08.3.2. Scenariusz restrykcyjny

#### 08.3.3. Scenariusz skalowalności

## 09. Konfiguracja środowiska

09.1. Automatyzacja procesu wdrażania

09.2. Konfiguracja OpenVPN

09.3. Konfiguracja WireGuard w modelu rozproszonym

09.4. Konfiguracja WireGuard w modelu scentralizowanym

09.5. Problemy napotkane podczas implementacji

## 10. Analiza wyników

10.1. Badanie wydajności sieciowej

10.2. Analiza obciążenia zasobów systemowych

10.3. Odporność na trudne warunki sieciowe

10.4. Analiza skalowalności

10.5. Ocena złożoności konfiguracji i utrzymania

## 11. Podsumowanie

### 11.1. Synteza wyników

### 11.2. Wnioski końcowe

## 12. Bibliografia

Podane adresy URL zostały sprawdzone dnia 1 grudnia 2024.

## 13. Załączniki

Wszystkie załączniki znajdują się na załączonym do pracy dysku optycznym.

1. Lorem ipsum dolor sit amet
2. Lorem ipsum dolor sit amet
3. Lorem ipsum dolor sit amet