



Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЭК

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

Факультет комплексной безопасности ТЭК



Реализация протокола IPsec over GRE на базе EcoRouter и ОС Альт. Реализация протокола. Порядок настройки.

Выполнил: Лазорин Д.С., группа КС-21-04.



Цель курсового проекта

Практическая реализация и анализ туннелирования IPsec over GRE с использованием маршрутизатора EcoRouter и операционной системы Альт.



Задачи курсового проекта

1. Провести анализ предметной области.
2. Изучить работу протоколов GRE и IPsec в соответствии с стандартами RFC.
3. Провести настройку GRE, IPsec, IPsec over GRE в операционной системе Альт.
4. Провести настройку GRE, IPsec, IPsec over GRE на EcoRouter.
5. Сравнить выполненные настройки, обобщить результаты.



Анализ предметной области

Анализ предметной области подтверждает, что технологии туннелирования являются ключевым инструментом для создания защищённых каналов связи в корпоративных сетях.



Обзор программных решений

ОС Альт и EcoRouter позволяют настроить и использовать протоколы GRE, IPsec.

Ключевой задачей является корректная интеграция этих технологий в конфигурации IPsec over GRE.

Практическая часть

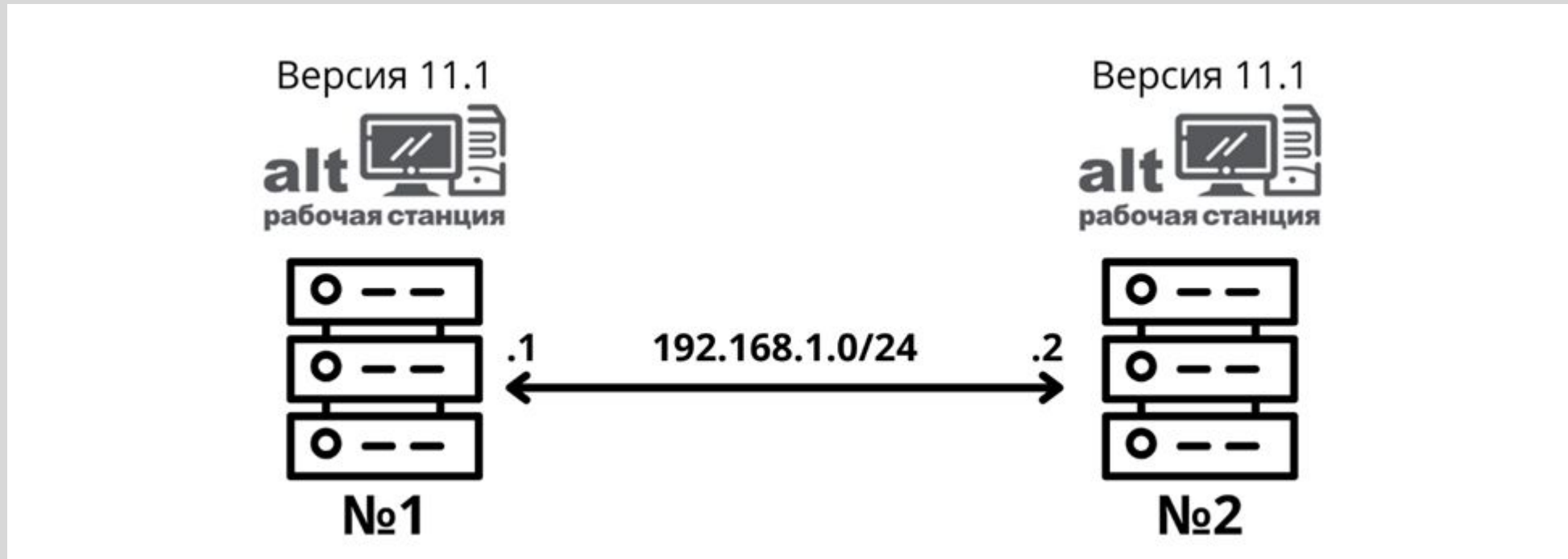


Рисунок 1 – Схема стенда №1 в курсовой работе



Практическая часть

```
#!/bin/bash
modprobe ip_gre
ip tunnel del gre1 2>/dev/null
ip tunnel add gre1 mode gre remote 192.168.1.2 local 192.168.1.1 ttl 255
ip link set gre1 up
ip addr add 10.0.0.1/30 dev gre1
```

Рисунок 3 – GRE, ОС Альт



Практическая часть

```
> Frame 1: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
> Generic Routing Encapsulation (IP)
  > Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .. = Key Bit: No
    ...0 .. = Sequence Number Bit: No
    ....0... .. = Strict Source Route Bit: No
    ....000 .. = Recursion control: 0
    ....0000 0... = Flags (Reserved): 0
    ....000 .. = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
> Internet Control Message Protocol
```

Рисунок 4 – Захват пакетов GRE, ОС Альт



Практическая часть

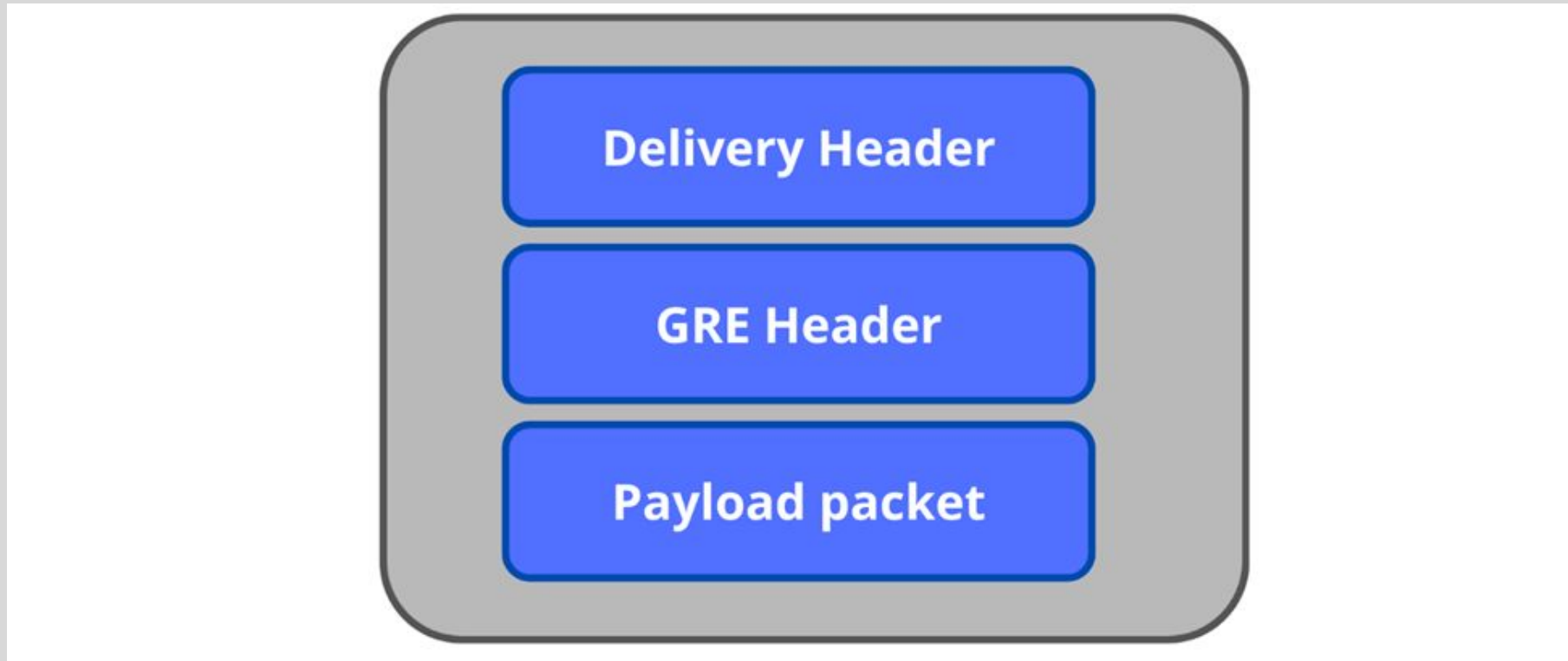


Рисунок 5 – Структура инкапсулированного пакета GRE, RFC 2784



Практическая часть

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
C	Reserved0										Ver										Protocol Type										
Checksum (optional)															Reserved1 (Optional)																

Рисунок 6.1 – Структура заголовка GRE, RFC 2784



Практическая часть

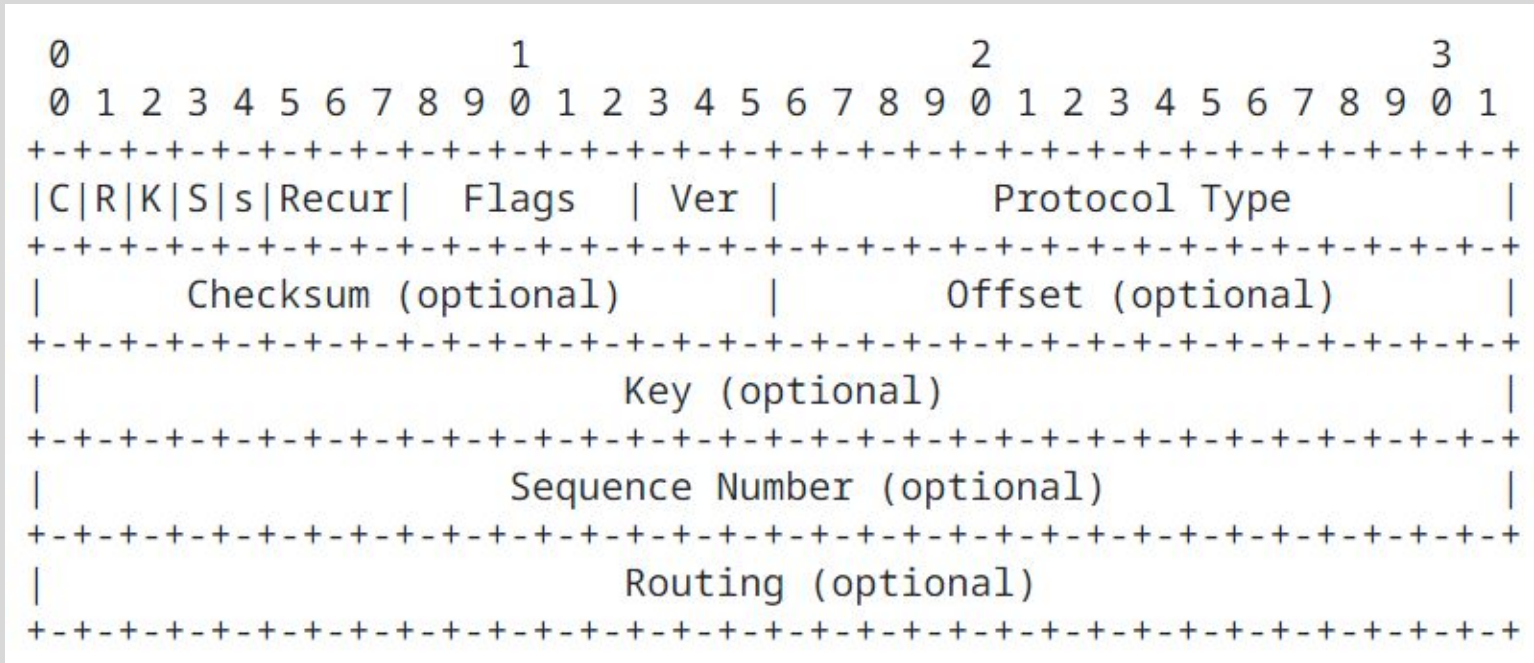


Рисунок 6.2 – Структура заголовка GRE, RFC 2784



Практическая часть

```
[root@vm1 ~]# swanctl --list-sas
vm1-vm2: #1, ESTABLISHED, IKEv2, 69c9f53b3946646b_i* 92447097ec0c3a7c_r
  local '192.168.1.1' @ 192.168.1.1[4500]
  remote '192.168.1.2' @ 192.168.1.2[4500]
  AES_CBC-256/HMAC_SHA2_256_128/PRF_HMAC_SHA2_256/MODP_2048
  established 28s ago, rekeying in 14313s
  tunnel: #1, reqid 1, INSTALLED, TUNNEL, ESP:AES_CBC-256/HMAC_SHA2_256_128
    installed 28s ago, rekeying in 3357s, expires in 3932s
    in c45468df,      0 bytes,      0 packets
    out ce329ddb,     0 bytes,      0 packets
    local 192.168.1.1/32
    remote 192.168.1.2/32
```

Рисунок 7 – Результат проверки настройки IPsec, ОС Альт



Практическая часть

```
> Frame 1: 170 bytes on wire (1360 bits), 170 bytes captured (1360 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xce329ddb (3459423707)
  ESP Sequence: 13
```

Рисунок 8 – Захват пакетов IPsec, ОС Альт



Практическая часть

```
> Frame 11: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:f7), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:27:2e:18:32)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.1.2
  Generic Routing Encapsulation (IP)
    Flags and Version: 0x0000
      0... .. = Checksum Bit: No
      .0... .. = Routing Bit: No
      ..0. .... = Key Bit: No
      ...0 .... = Sequence Number Bit: No
      .... 0... .. = Strict Source Route Bit: No
      .... .000 .... = Recursion control: 0
      .... .. 0000 0... = Flags (Reserved): 0
      .... .. .. .000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
  Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
    Encapsulating Security Payload
      ESP SPI: 0xc8c71b90 (3368491920)
      ESP Sequence: 9
```

Рисунок 9 – Захват пакетов IPsec over GRE, ОС Альт

Практическая часть

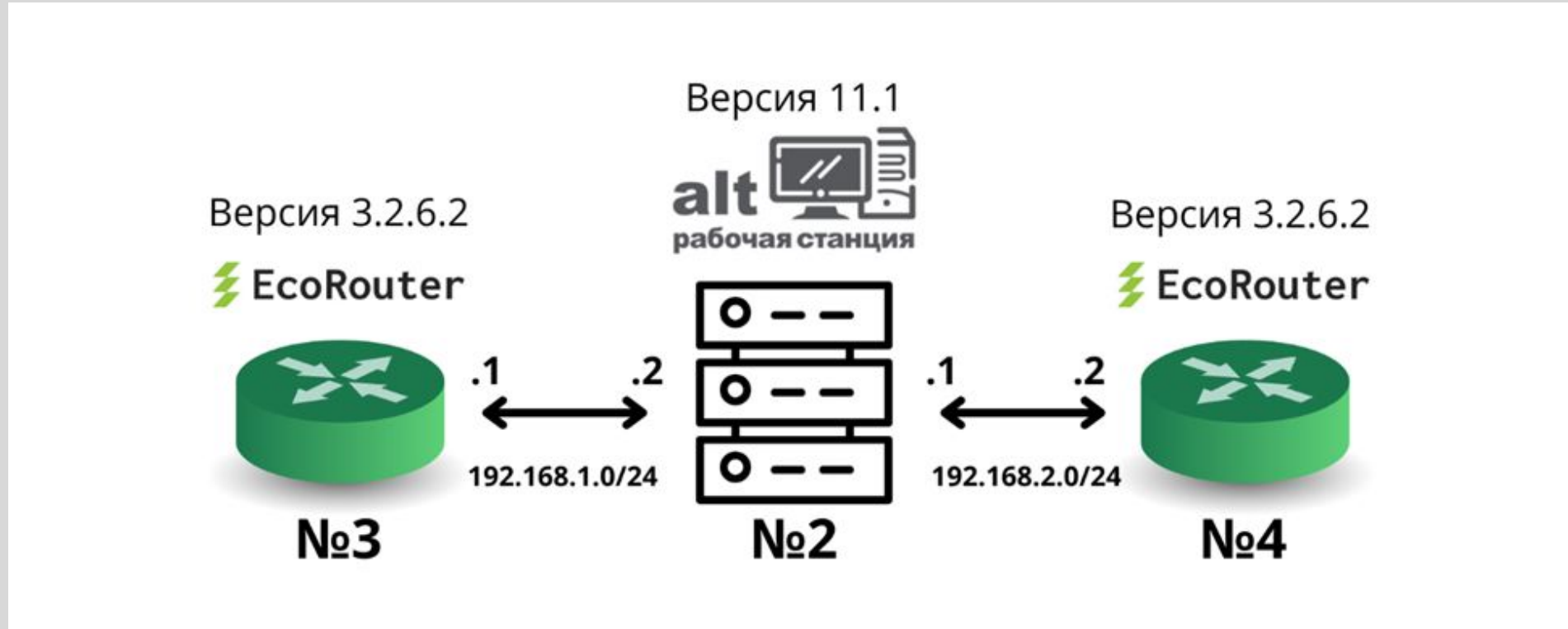


Рисунок 10 – Схема стенда №2 в курсовой работе



Практическая часть

```
vm1(config)#int tunnel.0
vm1(config-if-tunnel)#ip address 10.10.10.1/30
vm1(config-if-tunnel)#ip mtu 1400
vm1(config-if-tunnel)#ip tunnel 192.168.1.1 192.168.2.2 mode gre

2025-11-20 12:13:18      INFO      Interface tunnel.0 changed state to up
```

Рисунок 11 – Результат настройки GRE, EcoRouter



Практическая часть

```
> Frame 2: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
✓ Generic Routing Encapsulation (IP)
  ✓ Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .. = Key Bit: No
    ...0 .. = Sequence Number Bit: No
    .... 0... .. = Strict Source Route Bit: No
    .... .000 .. = Recursion control: 0
    .... .. 0000 0... = Flags (Reserved): 0
    .... .. .. .000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
> Internet Control Message Protocol
```

Рисунок 12 – Захват пакетов GRE, EcoRouter



Практическая часть

```
crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE ike-v2
mode tunnel
nat-traversal
ike-phase1
  proposal aes256-sha256-modp2048
  auth pre-shared-key StrongSecret123
ike-phase2
  protocol esp
  proposal aes256-sha256
  local-ts 192.168.1.1/32
  remote-ts 192.168.2.2/32
!
```

Рисунок 13 – Результат настройки IPsec, EcoRouter



Практическая часть

```
crypto-map CMAP0 10
  match peer 192.168.2.2
  set crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE
!
filter-map ipv4 FMAP0 5
  match esp host 192.168.2.2 host 192.168.1.1
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 10
  match any host 192.168.1.1 host 192.168.2.2
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 30
  match any any any
  set accept
!
```

Рисунок 14 – Результат настройки IPsec, EcoRouter



Практическая часть

```
> Frame 1: 170 bytes on wire (1360 bits), 170 bytes captured (1360 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xc81141c6 (3356574150)
  ESP Sequence: 7
```

Рисунок 15 – Захват пакетов IPsec, EcoRouter



Практическая часть

```
crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE ike-v2
mode tunnel
nat-traversal
ike-phase1
  proposal aes256-sha256-modp2048
  auth pre-shared-key StrongSecret123
ike-phase2
  protocol esp
  proposal aes256-sha256
  local-ts 10.10.10.1/32
  remote-ts 10.10.10.2/32
!
```

Рисунок 16 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter



Практическая часть

```
crypto-map CMAP0 1
  match peer 192.168.2.2
  set crypto-ipsec profile IPSEC_PROFILE
!
filter-map ipv4 FMAP0 10
  match any host 10.10.10.1 host 10.10.10.2
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 20
  match udp host 192.168.2.2 eq 4500 host 192.168.1.1 eq 4500
  set crypto-map CMAP0 peer 192.168.2.2
!
filter-map ipv4 FMAP0 30
  match any any any
  set accept
!
```

Рисунок 17 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter



Практическая часть

```
interface tunnel.0
 ip mtu 1400
 ip address 10.10.10.2/30
 ip tunnel 192.168.2.2 192.168.1.1 mode gre
 set filter-map in FMAP0 10
!
```

Рисунок 18 – Результат настройки IPsec over GRE, EcoRouter



Практическая часть

```
> Frame 1: 178 bytes on wire (1424 bits), 178 bytes captured (1424 bits) on interface enp0s8, id 0
> Ethernet II, Src: PCSSystemtec_58:8e:f7 (08:00:27:58:8e:27), Dst: PCSSystemtec_2e:18:32 (08:00:2e:2e:18)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.1, Dst: 192.168.2.2
✓ Generic Routing Encapsulation (IP)
  ✓ Flags and Version: 0x0000
    0... .. = Checksum Bit: No
    .0.. .. = Routing Bit: No
    ..0. .... = Key Bit: No
    ...0 .... = Sequence Number Bit: No
    ....0... .. = Strict Source Route Bit: No
    ....000 .... = Recursion control: 0
    .... ..0000 0... = Flags (Reserved): 0
    .... .. ..000 = Version: GRE (0)
    Protocol Type: IP (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2
✓ Encapsulating Security Payload
  ESP SPI: 0xcc7f7654 (3430905428)
  ESP Sequence: 1
```

Рисунок 19 – Захват пакетов IPsec over GRE, EcoRouter



Практическая часть

Таблица 1. Нагрузка системных ресурсов при работе с протоколами в ОС Альт

Протокол	Средняя нагрузка CPU, %	Пиковая нагрузка CPU, %
GRE	34	42
IPsec	32	44
IPsec over GRE	37	43



Практическая часть

Таблица 2. Нагрузка системных ресурсов при работе с протоколами в EcoRouter

Протокол	Средняя нагрузка CPU, %	Пиковая нагрузка CPU, %
GRE	23	29
IPsec	24	31
IPsec over GRE	27	34



Заключение.

Сравнительный анализ подходов конфигураций на разных платформах показал как общие принципы, так и специфику реализации в соответствии с стандартами RFC. Исходя из вышеперечисленного, цель курсовой работы была достигнута.