

**ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE**  
**FAKULTA RIADENIA A INFORMATIKY**

**Projektovanie sietí 1**  
**MPLS – L3VPN**

## Obsah

1. Zadanie.....	3
2. Fyzická topológia (cvičenie 1).....	4
3. Adresný plán .....	5
4. MPLS basic connectivity .....	6
4.1 Použitie protokolu IS-IS.....	6
4.2 Spustenie MPLS, LDP .....	6
4.3 Konfigurácia Route reflector.....	9
5. VPN (cvičenie 2) .....	11

# 1. Zadanie

Cieľom cvičenia bolo oboznámiť sa s princípom a konfigurovaním protokolu MPLS. Na cvičení sme postupovali podľa jednotlivých bodov zadania.

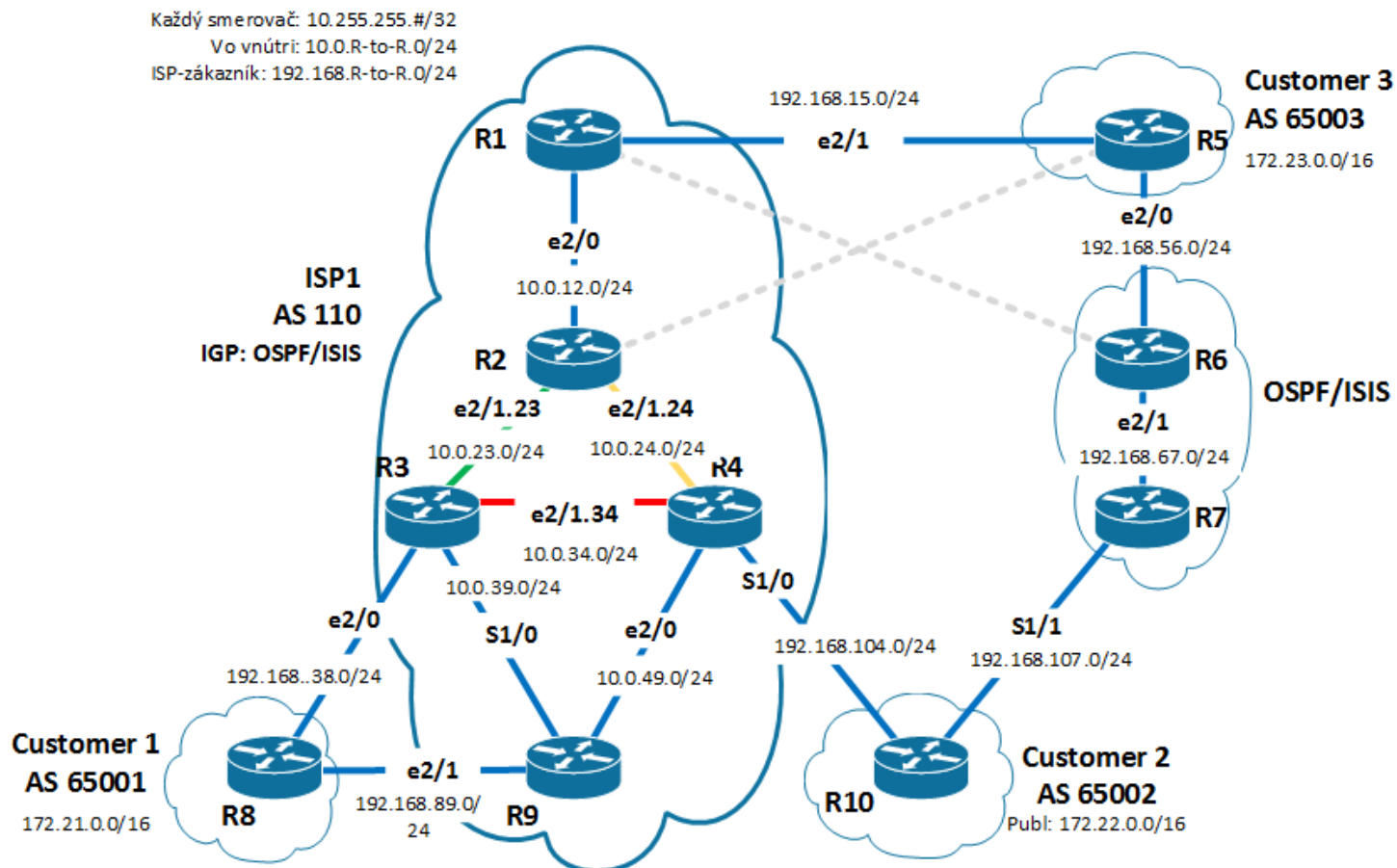
## MPLS basic connectivity

- Použitie protokolu IS-IS
- MPLS
- LDP
- RouteReflector
- MP-BGP

## VPN

- Konfigurácia L3VPN

## 2. Fyzická topológia (cvičenie 1)



### 3. Adresný plán

ROUTER	INTERFACE	ADRESA	MASKA
R1	e2/0	10.0.12.1	255.255.255.0
	e2/1	192.168.15.1	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.1	255.255.255.255
R2	e2/0	10.0.12.2	255.255.255.0
	e2/1.23	10.0.23.2	255.255.255.0
	e2/1.24	10.0.24.2	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.2	255.255.255.255
R3	e2/0	192.168.38.3	255.255.255.0
	e2/1.23	10.0.23.3	255.255.255.0
	e2/1.34	10.0.34.3	255.255.255.0
	S1/0	10.0.39.3	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.3	255.255.255.255
R4	e2/0	10.0.49.4	255.255.255.0
	e2/1.24	10.0.24.4	255.255.255.0
	e2/1.34	10.0.34.4	255.255.255.0
	S1/0	192.168.104.4	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.4	255.255.255.255
R5	e2/1	192.168.15.5	255.255.255.0
	e2/0	192.168.56.5	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.5	255.255.255.255
R6	e2/0	192.168.56.6	255.255.255.0
	e2/1	192.168.67.6	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.6	255.255.255.255
R7	e2/1	192.168.67.7	255.255.255.0
	S1/1	192.168.107.7	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.7	255.255.255.255
R8	e2/0	192.168.38.8	255.255.255.0
	e2/1	192.168.89.8	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.8	255.255.255.255
R9	e2/0	10.0.49.9	255.255.255.0
	e2/1	192.168.89.9	255.255.255.0
	S1/0	10.0.39.9	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.9	255.255.255.255
R10	S1/0	192.168.104.10	255.255.255.0
	S1/1	192.168.107.10	255.255.255.0
	Loopback0	10.255.255.10	255.255.255.255

## 4. MPLS basic connectivity

### 4.1 Použitie protokolu IS-IS

Protokol IS-IS bolo potrebné spustiť ako IGP na komunikáciu medzi smerovačmi vo vnútri siete providera. Podrobnú konfiguráciu na jednotlivých smerovačoch neuvádzame, keďže sa protokolu IS-IS venujeme väčšinu semestra, a bola detailne popísaná v predošliých dokumentáciách.

```
3R1#sh run | sec Ethernet2/0
ip address 10.0.12.1 255.255.255.0
ip router isis
isis network point-to-point
```

```
3R9#sh run | sec Serial1/0
ip address 10.0.39.9 255.255.255.0
ip router isis
```

Pri overení konfigurácie by sme mali v IS-IS databáze vidieť všetky smerovače, na ktorých bol protokol spustený (R1, R2, R3, R4, R9).

```
3R9#sh isis data

IS-IS Level-2 Link State Database:
LSPID          LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime  ATT/P/OL
3R1.00-00      0x00000009  0x3433        1177          0/0/0
3R2.00-00      0x0000000B  0x499A        1030          0/0/0
3R3.00-00      0x00000009  0xC417        488           0/0/0
3R4.00-00      0x00000008  0x4C8E        1011          0/0/0
3R9.00-00      * 0x00000005  0xA071        403           0/0/0
```

### 4.2 Spustenie MPLS, LDP

Konfigurácia MPLS pozostáva z pár príkazov. Označovať trasy chceme iba v rámci ISP1, takže konfigurácia sa bude týkať smerovačov R1, R2, R3, R4 a R9. V globálnom konfiguračnom móde je potrebné zadať príkazy:

```
#ip cef (konfigurácia cisco express forwarding)
#mpls label protocol ldp (protokol LDP na výmenu návěstí)
#mpls ip (globálna podpora pre MPLS)
```

Následne je potrebné spustiť MPLS príkazom *mpls ip* aj na samotných rozhraniach, nie však na Loopbackoch jednotlivých smerovačov. Posledným krokom bolo nastaviť LDP router-id na Loopback daného zariadenia.

```
#mpls ldp router-id Loopback0 force
```

Pri overení vidíme, že LDP router-id sa naozaj nastavil na rozhranie Lo0 a z tabuľky mpls forwarding-table vidíme značkovanie jednotlivých trás.

### 3R1#sh mpls ldp disc

Local LDP Identifier:

10.255.255.1:0 (LDP router-id pre R1)

Discovery Sources:

Interfaces:

FastEthernet0/0 (ldp): xmit/recv

LDP Id: 10.255.255.2:0 (LDP router-id pre R2)

### 3R1#sh mpls forwarding-table

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes tag switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop tag	10.255.255.2/32	0	Fa0/0	10.0.12.2
17	Pop tag	10.0.23.0/24	0	Fa0/0	10.0.12.2
18	Pop tag	10.0.24.0/24	0	Fa0/0	10.0.12.2
19	17	10.255.255.3/32	0	Fa0/0	10.0.12.2
20	18	10.0.34.0/24	0	Fa0/0	10.0.12.2
21	19	10.255.255.9/32	0	Fa0/0	10.0.12.2
22	20	10.255.255.4/32	0	Fa0/0	10.0.12.2
23	21	10.0.49.0/24	0	Fa0/0	10.0.12.2
24	22	10.0.39.0/24	0	Fa0/0	10.0.12.2

Aby sme dokázali zabezpečiť konektivitu medzi jednotlivými zákazníkmi (R5, R8 a R10), je potrebné nadviazať BGP spojenia medzi týmito smerovačmi a ich susedmi v ISP1. Takisto je nevyhnutné začať ohlasovať požadovanú sieť zákazníka, v našom prípade Lo0. Pre príklad uvádzame konfiguráciu na smerovači R5, pre zvyšné dva smerovače je postup rovnaký, zmena nastáva len pri IP adresách susedov.

### 3R5:

router bgp 65003

neighbor 192.168.15.1 remote-as 110

address-family ipv4 unicast

neighbor 192.168.15.1 activate

network 10.255.255.5 mask 255.255.255.255

Po správnom nakonfigurovaní na všetkých troch smerovačoch by sa mali prejaviť zmeny v BGP tabuľke, kde by mali pribudnúť Lo0 R5, R8 a R10. Treba si však dať pozor a prezerať správnu BGP tabuľku, pre smerovač R1 je to konkrétne *ip bgp ipv4 unicast*.

### 3R1#sh ip bgp ipv4 unicast

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 10.255.255.1/32	0.0.0.0	0		32768	i
r>i 10.255.255.2/32	10.255.255.2	0	100	0	i
r>i 10.255.255.3/32	10.255.255.3	0	100	0	i
r>i 10.255.255.4/32	10.255.255.4	0	100	0	i
*> 10.255.255.5/32	192.168.15.5	0		0	65003 i
*>i 10.255.255.8/32	10.255.255.3	0	100	0	65001 i
r>i 10.255.255.9/32	10.255.255.9	0	100	0	i
*>i 10.255.255.10/32	10.255.255.4	0	100	0	65002 i

Overenie konektivity medzi zákazníkmi môžeme overiť cez príkaz *traceroute*, ktorý nám navyše zobrazí aj MPLS značky vo vnútri AS 110. Overenie sme vykonali z R5 smerom na R8 a následne aj na R10.

### 3R5#traceroute 10.255.255.8 source 10.255.255.5

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 10.255.255.8

```

1 192.168.15.1 12 msec 12 msec 8 msec
2 10.0.12.2 [MPLS: Label 17 Exp 0] 24 msec 40 msec 24 msec
3 10.0.23.3 44 msec 20 msec 48 msec
4 192.168.38.8 44 msec * 16 msec
```

### 3R5#traceroute 10.255.255.10 source 10.255.255.5

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 10.255.255.10

```

1 192.168.15.1 4 msec 12 msec 8 msec
2 10.0.12.2 [MPLS: Label 20 Exp 0] 16 msec 48 msec 20 msec
3 10.0.24.4 44 msec 20 msec 44 msec
4 192.168.104.10 64 msec
```



### 4.3 Konfigurácia Route reflector

Pre zjednodušenie BGP procesu v rámci AS 110, sme sa rozhodli nakonfigurovať smerovač R2 ako Route reflector. Z full meshed logickej topológie vytvoríme logickú topológiu hub-and-spoke, kde bude smerovač R2 vystupovať ako hub. Route reflector je BGP smerovač, ktorý obchádza pravidlo, že cez iBGP sa nesmie odovzdávať informácia, ktorá bola naučená práve cez iBGP.

Na smerovačoch R1, R3, R4 a R9 je potrebné v rámci BGP nadviazať susedstvo s R2.

#### **3R1,R3,R4,R9:**

```
router bgp 110
  neighbor 10.255.255.2 remote-as 110
  neighbor 10.255.255.2 update-source Loopback0
  address-family ipv4
    neighbor 10.255.255.2 activate
    neighbor 10.255.255.2 next-hop-self
  network 10.255.255.#R mask 255.255.255.255
```

Konfigurácia smerovača R2, ktorý bude pracovať ako route reflector, je o niečo zložitejšia, pretože je potrebné vytvoriť peering-group a pridať do nej členov.

#### **3R2:**

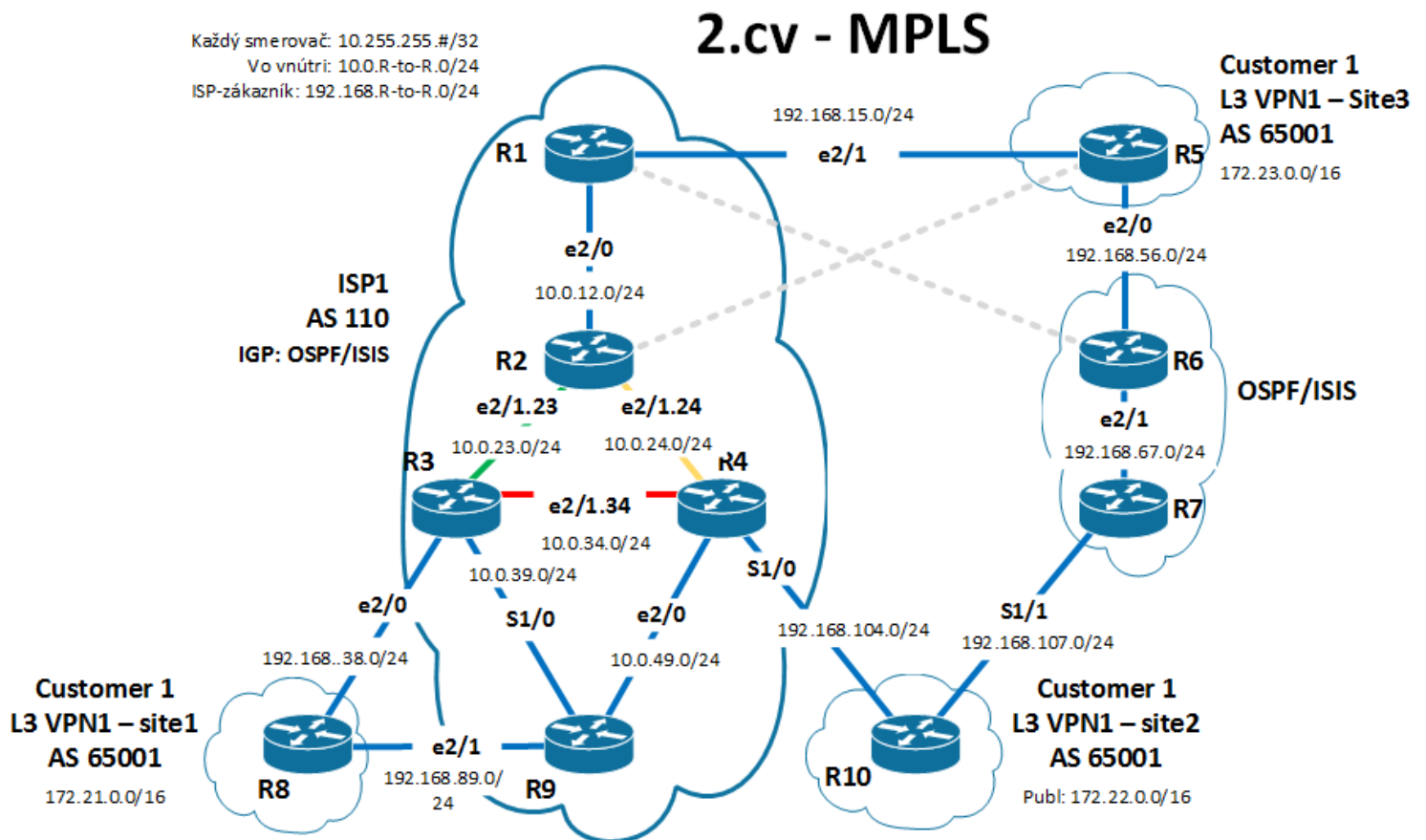
```
router bgp 110
  neighbor PEERS peer-group  (vytvorenie skupiny)
  -----
  Parametre skupiny
  -----
  neighbor PEERS remote-as 110
  neighbor PEERS update-source Loopback0
  -----
  Členovia skupina
  -----
  neighbor 10.255.255.1 peer-group PEERS
  neighbor 10.255.255.3 peer-group PEERS
  neighbor 10.255.255.4 peer-group PEERS
  neighbor 10.255.255.9 peer-group PEERS
  address-family ipv4 unicast
    network 10.255.255.2 mask 255.255.255.255
    neighbor PEERS route-reflector-client  (konfigurácia route reflectora)
  -----
  Aktivácia susedov v skupine
  -----
  neighbor 10.255.255.1 activate
  neighbor 10.255.255.3 activate
  neighbor 10.255.255.4 activate
  neighbor 10.255.255.9 activate
```

Konfiguráciu overíme zobrazením smerovacej tabuľky, kde by mali byť viditeľné všetky Lo0 (okrem smerovačov R6 a R7, ktoré sú zatiaľ nepoužívané).

**3R1#sh ip route**

```
C 192.168.15.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 14 subnets, 2 masks
B   10.255.255.10/32 [200/0] via 10.255.255.4, 01:37:43
B   10.255.255.8/32 [200/0] via 10.255.255.3, 01:41:40
i L1 10.255.255.9/32 [115/40] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
C   10.0.12.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
i L1 10.255.255.2/32 [115/20] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
i L1 10.255.255.3/32 [115/30] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
C   10.255.255.1/32 is directly connected, Loopback0
i L1 10.255.255.4/32 [115/30] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
B   10.255.255.5/32 [20/0] via 192.168.15.5, 01:48:33
i L1 10.0.24.0/24 [115/20] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
i L1 10.0.23.0/24 [115/20] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
i L1 10.0.34.0/24 [115/30] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
i L1 10.0.39.0/24 [115/30] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
i L1 10.0.49.0/24 [115/30] via 10.0.12.2, FastEthernet0/0
```

## 5. VPN (cvičenie 2)



V rámci druhého cvičenia sme mierne pozmenili fyzickú topológiu, v ktorej sa momentálne nachádzajú traja zákazníci patriaci do toho istého autonómneho systému AS 65001. Týmto zákazníkom sme vytvorili nové siete (Lo10).

R5 (Loopback10)	172.23.5.5/24
R8 (Loopback10)	172.21.8.8/24
R10 (Loopback10)	172.22.10.10/24

Na prepojenie týchto zákazníkov sme využili VPN. V prvom kroku bolo potrebné na smerovačoch R5, R8 a R10 vypnúť bežiaci BGP, keďže nastala zmena AS oproti pôvodnému zadaniu.

**3R5:** no router bgp 65003  
**3R8:** no router bgp 65001  
**3R10:** no router bgp 65002

Následne bolo potrebné zapnúť VRF (Virtual Routing Instance) pre zákazníka č.1 na každom provider edge (PE) smerovači v AS 110. Aby sa vytvorila unikátna VPN cesta pre daného zákazníka, bolo potrebné definovať Route Distinguisher (RD) a následne aj Route Target (RT).

**3R1,R3,R4,R9:**

```
#ip vrf z1
rd 110:1
route-target 110:1
```

Danú VRF je následne potrebné priradiť všetkým rozhraniám, ktoré smerujú k zvoleným zákazníkom.

**3R1:**

```
interface Ethernet2/1
ip vrf forwarding z1
```

Zadaním tohto príkazu sa presunie záznam z globálnej smerovacej tabuľky do smerovacej tabuľky vrf z1. Po zadaní príkazu je takisto potrebné na ňom nanovo zadať IP adresu. Overenie, že sa rozhranie pridalo do danej VRF, vykonáme príkazom *sh ip vrf*.

**3R1#sh ip vrf**

Name	Default RD	Interfaces
<b>z1</b>	<b>110:1</b>	<b>e2/1</b>

Rozhodli sme sa, že v sieti ISP1 bude smerovač R1 pracovať ako route reflector. Bolo teda treba zmeniť konfiguráciu na týchto smerovačoch, aby sme dosiahli požadované správanie.

**3R3,R4,R9:**

```
router bgp 110
no bgp default ipv4-unicast
neighbor 10.255.255.1 remote-as 110
neighbor 10.255.255.1 update-source Lo0
address-family vpnv4
neighbor 10.255.255.1 activate
```

**3R1 (route reflector):**

```
router bgp 110
no bgp default ipv4-unicast
neighbor 10.255.255.3 remote-as 110
neighbor 10.255.255.3 update-source Loopback0
neighbor 10.255.255.4 remote-as 110
neighbor 10.255.255.4 update-source Loopback0
neighbor 10.255.255.9 remote-as 110
neighbor 10.255.255.9 update-source Loopback0
address-family vpnv4
neighbor 10.255.255.3 activate
neighbor 10.255.255.3 route-reflector-client
neighbor 10.255.255.4 activate
neighbor 10.255.255.4 route-reflector-client
neighbor 10.255.255.9 activate
neighbor 10.255.255.9 route-reflector-client
```

Aby sme zabezpečili plnú konektivitu medzi sieťami zákazníkov, bolo potrebné v rámci BGP distribuovať aj všetky pripojené siete zákazníka.

**3R1,R3,R4,R9:**

```
router bgp 110
address-family ipv4 vrf z1
redistribute connected
```

Po tomto kroku máme ošetrované korektné správanie iBGP a je potrebné ešte správne nakonfigurovať eBGP.

Pre PE smerovače je nutné nadviazať BGP susedstvá so smerovačmi CE (Customer Edge). Zmeny vykonávame pre konkrétnu VRF, v našom prípade pre *address-family ipv4 unicast vrf z1*. Doplnením príkazu *as-override* zabezpečíme, aby smerovače nezahadzovali siete, ktoré prechádzajú z AS 65001 do rovnakého AS. Tým pádom sa zákazníkom objavia aj zákaznícke siete (Lo0 a Lo10) z iných smerovačov.

**3R1:**

```
router bgp 110
address-family ipv4 vrf z1
neighbor 192.168.15.5 remote-as 65001
neighbor 192.168.15.5 activate
neighbor 192.168.15.5 as-override
```

Konfigurácia z pohľadu CE je podobná, zmena je jedine v tom, že zákazníci sa nestarajú o VRF. Zmeny sa vykonávajú v *address-family ipv4 unicast*, kde aktivujeme spojenie na suseda a zadáme siete, ktoré si želáme ohlasovať.

**3R5:**

```
router bgp 65001
neighbor 192.168.15.1 remote-as 110
address-family ipv4 unicast
network 10.255.255.5 mask 255.255.255.255
network 172.23.5.0 mask 255.255.255.0
neighbor 192.168.15.1 activate
```

Po tomto kroku by malo byť všetko potrebné nastavené. Treba však overiť správnosť konfigurácie. Na smerovačoch CE by sa v BGP tabuľke pre *ipv4 unicast* mali objaviť všetky ohlasované siete smerovačov R5, R8 a R10 (Lo0 aj Lo1).

**3R10#sh ip bgp ipv4 unicast**

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 10.255.255.5/32	192.168.104.4			0	110 110 i
*> 10.255.255.8/32	192.168.104.4			0	110 110 i
*> 10.255.255.10/32	0.0.0.0	0		32768	i
*> 172.21.8.0/24	192.168.104.4			0	110 110 i
*> 172.22.10.0/24	0.0.0.0	0		32768	i
*> 172.23.5.0/24	192.168.104.4			0	110 110 i
*> 192.168.15.0	192.168.104.4			0	110 ?
*> 192.168.38.0	192.168.104.4			0	110 ?
*> 192.168.89.0	192.168.104.4			0	110 ?
r> 192.168.104.0	192.168.104.4	0		0	110 ?

Overenie je možné demonštrovať aj pomocou príkazu *traceroute* z R10 na R5.

```
3R10#traceroute 172.23.5.5 source 172.22.10.10
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Tracing the route to 172.23.5.5
```

```
 1 192.168.104.4 12 msec 12 msec 4 msec  
 2 10.0.24.2 [MPLS: Labels 16/29 Exp 0] 28 msec 40 msec 24 msec  
 3 192.168.15.1 [AS 110] [MPLS: Label 29 Exp 0] 20 msec 20 msec 20 msec  
 4 192.168.15.5 [AS 110] 40 msec * 56 msec
```