



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Fakulta riadenia a informatiky

Dokumentácia k MPLS

Projektovanie sietí 1



Andrej Marečák & Patrícia Tadanajová

Obsah

ÚLOHY	3
TOPOLÓGIA	4
ADRESÁCIA	5
Teoretický úvod.....	6
1. Konfigurácia IS-IS.....	7
2. Konfigurácia MPLS.....	8
3. mBGP	9
2. cv (L3VPN)	11
3. cv (Hub and spoke).....	15
4. Cv. Multicast VPN (Draft Rosen)	18
5. Kontrolné otázky k danej téme	19

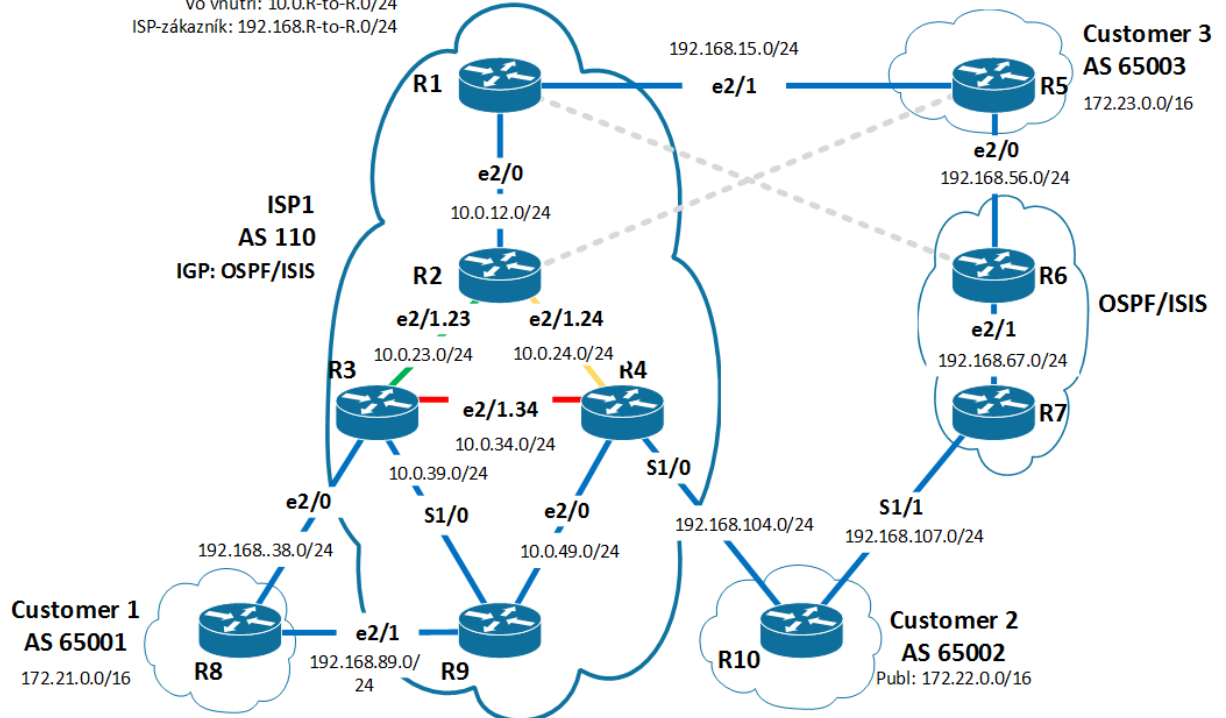
ÚLOHY

- ISIS alebo OSPF
- MPLS
- LDP alebo RSVP
- RR alebo konfederácie
- MP-BGP

TOPOLOGIA

1.cv - MPLS

Každý smerovač: 10.255.255.#/32
Vo vnútri: 10.0.R-to-R.0/24
ISP-zákazník: 192.168.R-to-R.0/24



ADRESÁCIA

Smerovač	Rozhranie	IP Adresa	Maska siete
R1	e2/0	10.0.12.1	255.255.255.0
	e2/1	192.168.15.1	255.255.255.0
	l0	10.255.255.1	255.255.255.255
	net	49.0001.0102.5525.5001.00	-----
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	10.0.232	255.255.255.0
	l0	10.255.255.2	255.255.255.255
	net	49.0001.0102.5525.5002.00	-----
R3	e2/0	192.168.38.3	255.255.255.0
	e0/1.23	10.0.23.3	255.255.255.0
	e0/1.34	10.0.34.3	255.255.255.0
	s1/0	10.0.39.3	255.255.255.0
	l0	10.255.255.3	255.255.255.255
	net	49.0001.0102.5525.5003.00	-----
R4	e2/0	10.0.49.4	255.255.255.0
	e0/1.24	10.0.24.4	255.255.255.0
	e0/1.34	10.0.34.4	255.255.255.0
	s1/0	192.168.104.4	255.255.255.0
	l0	10.255.255.4	255.255.255.255
	net	49.0001.0102.5525.5004.00	-----
R5	e2/0	192.168.56.5	255.255.255.0
	e2/1	192.168.15.5	255.255.255.0
	l0	10.255.255.5	255.255.255.255
	net	-----	-----
R6	e2/0	-----	-----
	e2/1	-----	-----
	l0	-----	-----
	net	-----	-----
R7	e2/1	-----	-----
	s1/1	-----	-----
	l0	-----	-----
	net	-----	-----
R8	e2/0	192.168.38.8	255.255.255.0
	e2/1	192.168.89.8	255.255.255.0
	l0	10.255.255.8	255.255.255.255
	net	-----	-----
R9	e2/0	10.0.49.9	255.255.255.0
	e2/1	192.168.89.9	255.255.255.0
	l0	10.255.255.9	255.255.255.255
	s1/0	10.0.39.9	255.255.255.0
	net	49.0001.0102.5525.5009.00	-----

R10	s1/0	192.168.104.10	255.255.255.0
	s1/1	192.168.107.10	255.255.255.0
	lo	10.255.255.10	255.255.255.255
	net	-----	-----

Teoretický úvod

MPLS (Multiprotocol Label Switching) je metóda smerovania sieťovej prevádzky, ktorá pre smerovanie nepoužíva IP adresy, ale kratšie značky (labels). MPLS hlavička (4B) sa vkladá pred IP pakety, čo pri smerovaní (alebo skôr sa hovorí o prepínaní – switching) znamená, že sa nemusí rozbaľovať IP paket, čím sa prenos dát v sieti urýchľuje. Pred IP paket môže byť vložený viacero MPLS hlavičiek.

MPLS sieť tvoria smerovače, ktoré môžu mať viacero roli:

- LSR(Label Switch Router) – smerovač, ktorý smeruje podľa MPLS značiek.
- LER(Label Edge Router) – smerovač, ktorý sa nachádza na hranici MPLS siete a funguje ako vstupný a výstupný bod MPLS siete.

Smerovače v MPLS sieti si navzájom pravidelne vymieňajú značky pomocou protokolu LDP (Label Distribution Protocol).

1. Konfigurácia IS-IS

Protokol LDP, ktorý má na starosti značkovanie ciest vyžaduje mať rozbehnuté interné IP smerovanie pomocou niektorého z IGP protokolov (napríklad IS-IS)

Konfiguráciu IS-IS sme riešili v minulej dokumentácii, teraz si ju znova pripomenieme. IS-IS sme nakonfigurovali na nasledujúcich na smerovačoch, ktoré budú tvoriť MPLS sieť, teda R1,R2,R3,R4,R9.

```
R9(config)# router isis
R9(config-router)# net 49.0001.0102.5525.5009.00
R9(config-router)# passive-interface lo0
```

Následne na každom smerovači (ktoré chceme pridať do smerovacieho procesu) a na každom jeho aktívnom rozhraní (vrátane loopback rozhraní) zapneme ohlasovanie siete príkazom ip router isis.

```
R9(config)#int e2/0
R9config-if)# ip router isis
R9config-if)# isis network point-to-point
```

Jednoduché overenie funkčnosti IS-IS spočíva v zobrazení IS-IS databázy, kde by mali byť vidieť všetky nakonfigurované smerovače:

```
R1#sh isis neigh
```

Tag null:

System Id	Type Interface	IP Address	State	Holdtime	Circuit Id
R2	L1L2 Et2/0	10.0.12.2	UP	24	00

```
R1#sh isis database
```

IS-IS Level-1 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	* 0x000001F0	0x685F	1073	0/0/0
R2.00-00	0x000001F9	0xC2B6	411	0/0/0
R3.00-00	0x000001F2	0x113F	421	0/0/0
R4.00-00	0x000001F5	0x3A05	943	0/0/0
R9.00-00	0x000001EF	0xCF81	743	0/0/0

2. Konfigurácia MPLS

Keď už máme fungujúci IGP protokol, môžeme prísť ku samotnej konfigurácii MPLS. Konfiguráciu vykonávame analogicky na smerovačoch R1, R2, R3, R4 a R9.

Prvým príkazom zapneme na smerovači CEF (Cisco Express Forwarding):

```
R9(config)#ip cef
```

Následne globálne zapneme MPLS, definujeme použitie LDP protokolu pre výmenu informácií o značkách a v LDP vynútime použitie router-ID adresy Loopback0 rozhrania:

```
R9(config)#mpls ip  
R9(config)#mpls label protocol ldp  
R9(config)#mpls ldp router-id lo0 force
```

Následne na každom vnútornom rozhraní (rozhrania medzi LSR) zapneme MPLS switching.

```
R9(config)#int s1/0  
R9(config-if)#mpls ip  
R9(config)#int e2/0  
R9(config-if)#mpls ip
```

Overenie konfigurácie vykonáme *sh mpls ldp discovery*, kde vidíme, že LDP router-id sa nastavil ako adresa lo0 a príkazom *sh mpls forwarding-table* vidíme značkovanie jednotlivých trás.

```
R1#sh mpls ldp discovery
```

Local LDP Identifier:

10.255.255.1:0

Discovery Sources:

Interfaces:

Ethernet2/0 (ldp): xmit/recv

LDP Id: 10.255.255.2:0

Ak sme MPLS nakonfigurovali správne, v LFIB tabuľke by sme mali vidieť značkovanie sietí a Next Hop IP.

```
R1#sh mpls forwarding-table
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Label Switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop Label	10.0.23.0/24	0	Et2/0	10.0.12.2
17	Pop Label	10.0.24.0/24	0	Et2/0	10.0.12.2
18	16	10.0.34.0/24	0	Et2/0	10.0.12.2
19	17	10.0.39.0/24	0	Et2/0	10.0.12.2
20	18	10.0.49.0/24	0	Et2/0	10.0.12.2
21	Pop Label	10.255.255.2/32	0	Et2/0	10.0.12.2
22	20	10.255.255.3/32	0	Et2/0	10.0.12.2
23	21	10.255.255.4/32	0	Et2/0	10.0.12.2

3. mBGP

Ďalšou časťou bolo konfigurovanie BGP AS podľa topológie.

Začneme konfiguráciou AS 110. Tu je zaujímavosťou najmä to, že na smerovači R2, keďže nie je LER, vôbec nemusíme spúšťať BGP proces, pretože interné smerovanie v AS 110 je na základe MPLS.

Keďže nechceme konfigurovať susedstvá medzi každými smerovačmi v AS (full mesh), rozhodli sme sa vybrať spomedzi týchto smerovačov jedného, ktorý bude nadväzovať vzťahy s ostatnými a ostatní si medzi sebou nebudú musieť vytvárať susedstvá. Takýto „povýšený“ smerovač nazývame Route Reflector (RR) a my sme si zvolili smerovač R1.

Konfigurácia smerovača R1:

```
R1(config)# router bgp 110
R1(config-router)# neighbor PEERGROUP peer-group
R1(config-router)# neighbor PEERGROUP remote-as 110
R1(config-router)# neighbor PEERGROUP update-source Loopback0
R1(config-router)# neighbor PEERGROUP next-hop-self
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.3 peer-group PEERS
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.4 peer-group PEERS
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.9 peer-group PEERS
R1(config-router)# address-family ipv4 unicast
R1(config-router-af)# network 10.255.255.1 mask 255.255.255.255
R1(config-router-af)# neighbor PEERGROUP route-reflector-client
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.3 activate
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.4 activate
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.9 activate
```

Ďalej je potrebné nakonfigurovať aj zvyšné smerovače v AS110 (okrem R2). Pre R3,R4 a R9 je konfigurácia nasledovná:

```
R3(config)# router bgp 110
R3(config-router)# neighbor 10.255.255.1 remote-as 110
R3(config-router)# neighbor 10.255.255.1 update-source Loopback0
R3(config-router)# address-family ipv4
R3(config-router-af)# network 10.255.255.3 mask 255.255.255.255
R3(config-router-af)# neighbor 10.255.255.1 activate
R3(config-router-af)# neighbor 10.255.255.1 next-hop-self
```

Na routroch R5,R8, R10, potrebujeme zabezpečiť konektivitu zákazníkov, preto musíme nakonfigurovať mBGP a tým ich spojiť s AS110.

```
R5(config)#router bgp 65003
R5(config-router)#neighbor 192.168.15.1 remote-as 110
R5(config-router)#address-family ipv4 unicast
R5(config-router-af)#neighbor 192.168.15.1 activate
R5(config-router-af)#network 10.255.255.5 mask 255.255.255.255
R1(config)#router bgp 110
R1(config-router)#neighbor 192.168.15.5 remote-as 65003
R1(config-router)#address-family ipv4 unicast
R1(config-router-af)#neighbor 192.168.15.5 activate
R1(config-router-af)#network 10.255.255.1 mask 255.255.255.255
```

```
R8(config)#router bgp 65001
R8(config-router)#neighbor 192.168.38.3 remote-as 110
R8(config-router)#neighbor 192.168.89.9 remote-as 110
R8(config-router)#address-family ipv4 unicast
R8(config-router-af)#neighbor 192.168.38.3 activate
R8(config-router-af)#neighbor 192.168.89.9 activate
R8(config-router-af)#network 10.255.255.8 mask 255.255.255.255
R3(config)#router bgp 110
R3(config-router)#neighbor 192.168.38.8 remote-as 65001
R3(config-router)#address-family ipv4 unicast
R3(config-router-af)#neighbor 192.168.38.8 activate
R3(config-router-af)#network 10.255.255.3 mask 255.255.255.255
R9(config)#router bgp 110
R9(config-router)#neighbor 192.168.89.8 remote-as 65001
R9(config-router)#address-family ipv4 unicast
R9(config-router-af)#neighbor 192.168.89.8 activate
R9(config-router-af)#network 10.255.255.9 mask 255.255.255.255
```

```
R10(config)#router bgp 65002
R10(config-router)#neighbor 192.168.104.4 remote-as 110
R10(config-router)#address-family ipv4 unicast
R10(config-router-af)#neighbor 192.168.104.4 activate
R10(config-router-af)#network 10.255.255.10 mask 255.255.255.255
R4(config)#router bgp 110
R4(config-router)#neighbor 192.168.104.10 remote-as 65002
R4(config-router)#address-family ipv4 unicast
R4(config-router-af)#neighbor 192.168.104.10 activate
R4(config-router-af)#network 10.255.255.4 mask 255.255.255.255
```

Overenie konfigurácie:

```
R1#sh ip bgp ipv4 unicast
```

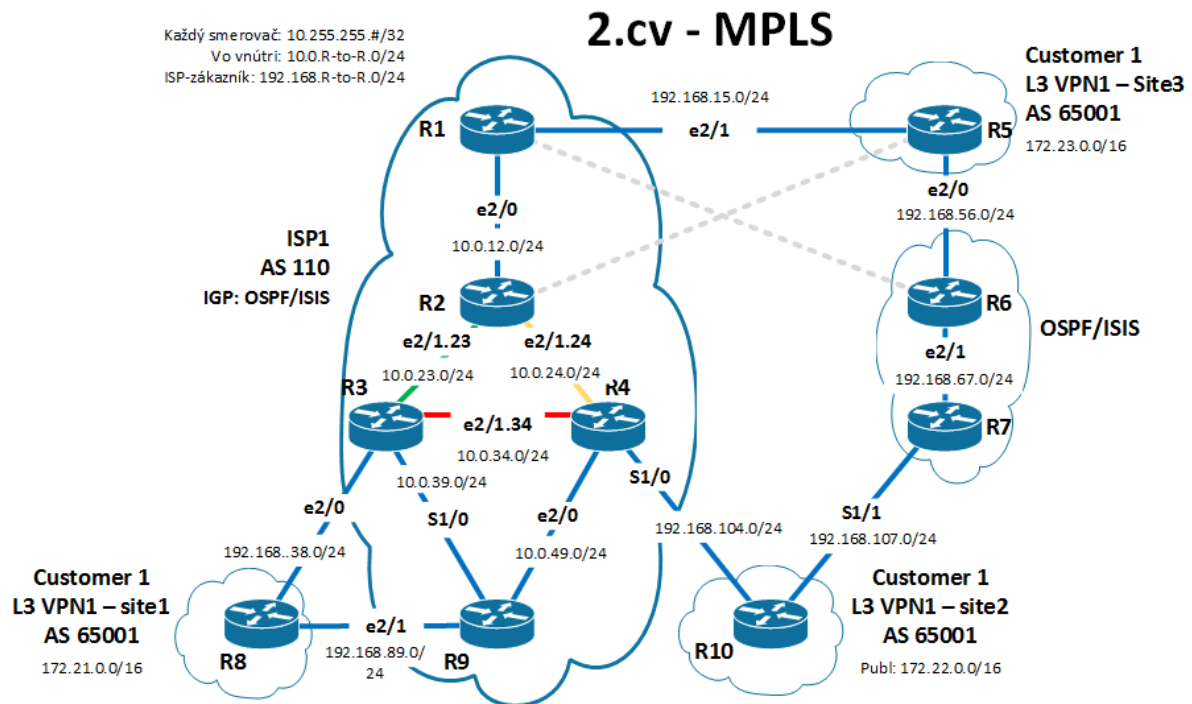
BGP table version is 23, local router ID is 10.255.255.1

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

Môžeme vidieť, že smerovač R1 má vo svojej BGP databáze informácie o všetkých sieťach za Lo0 rozhraniami jednotlivých smerovačov.

2. cv (L3VPN)



V tomto cvičení nastali zmeny v topológii a to :

- Zákazníci v jednom AS 65001
- 2 zákazníci (RED a GREEN)
 - Sieťe za rozhraniami Lo100
 - RED:
 - R5: 172.23.0.0/16
 - R8 : 172.21.0.0/16
 - R10 : 172.22.0.0/16
 - GREEN:
 - R1: 172.23.0.0/16
 - R4 : 172.22.0.0/16

Celá konfigurácia bude ukázaná pre zákazníka RED, pre zákazníka GREEN je konfigurácia analogická.

Každý náš zákazník má mať slobodnú voľbu nad svojim IP rozsahom, preto sa môže stať, že obaja naši zákazníci budú používať rovnaké adresné priestory. My, ako provider musíme zabezpečiť, aby to bolo voči každému zákazníkovi transparentné a nijak ho to neobmedzovalo.

K tomuto účelu slúžia VRF (Virtual Routing and Forwarding). Podstatou VRF je, že pre každého zákazníka udržujeme vlastnú smerovaciu tabuľku. Takýchto tabuliek môžeme mať mnoho.

Pre ujednotenie pojmov, okrajové smerovače providerskej siete nazveme PE (R1,R3,R4,R9) a okrajové smerovače v zákazníckych sieťach smerom k providerskej nazveme CE (R5,R8,R10).

Na všetkých PE smerovačoch sme vytvorili vrf pre zákazníka RED.

```
R3(config)#ip vrf RED
R3(config-vrf)#route-target both 110:1
R3(config-vrf)#rd 110:1
```

Route Distinguisher (rd) sa prilepí pred prefix siete, čo znamená, že ak aj nám príde BGP update od dvoch zákazníkov s rovnakým privátnym prefixom, na základe rd ich viem rozlíšiť.

Route-target je niečo podobné ako Communities v BGP. Určujú, ktoré prefixy bude PE smerovač importovať a exportovať.

Na tých rozhraniach PE smerovačov, ktoré smerujú k zákazníkovi RED sme zadali príkazy:

```
R1(config)#int e2/1
R1(config-if)#ip vrf forwarding RED
R1(config-if)#ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
```

Pre overenie konfigurácie je ideálny výpis:

```
R1#show ip vrf
```

Name	Default RD	Interfaces
GREEN	110:2	Lo100
RED	110:1	Et2/1

Keďže používame VRF, musíme trochu pozmeniť konfiguráciu BGP v AS110, nakoľko address-family IPv4 nám nepostačuje na prenos prefixov vrátane RD. Preto použijeme pre peering medzi smerovačmi v AS 110 address-family VPNv4.

Poznámka: Pri konfigurácii sa ukázalo, že peergroup-y nefungovali s address-family VPNv4. Najideálnejšie riešenie preto bolo skopírovať konfiguráciu z running-config do textového súboru, BGP proces na smerovačoch vypnúť a zapnúť a skopírovať upravenú konfiguráciu z textového súboru.

```
R1(config)# router bgp 110
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.3 remote-as 110
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.3 update-source Loopback0
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.3 next-hop-self
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.4 remote-as 110
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.4 update-source Loopback0
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.4 next-hop-self
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.9 remote-as 110
R1(config-router)# neighbor 10.255.255.9 update-source Loopback0
```

```

R1(config-router)# neighbor 10.255.255.9 next-hop-self
R1(config-router)# address-family vpvv4 unicast
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.3 activate
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.3 route-reflector-client
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.4 activate
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.4 route-reflector-client
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.9 activate
R1(config-router-af)# neighbor 10.255.255.9 route-reflector-client

```

A pre R3,R4,R9

```

R3(config)# router bgp 110
R3(config-router)# neighbor 10.255.255.1 remote-as 110
R3(config-router)# neighbor 10.255.255.1 update-source Loopback0
R3(config-router)# address-family vpvv4
R3(config-router-af)# network 10.255.255.3 mask 255.255.255.255
R3(config-router-af)# neighbor 10.255.255.1 activate
R3(config-router-af)# neighbor 10.255.255.1 next-hop-self

```

Ďalej sme na všetkých PE smerovačoch k zakazníkovi RED vytvorili novú *address-family ipv4 vrf RED*. Ako príklad uvádzame susedstvo medzi smerovačmi R1 a R5, obdobne sa konfigurovali aj susedstvá R3 – R8, R8 – R9 a R4 – R10

```

R1(config)# router bgp 110
R1(config-router)# address-family ipv4 vrf RED
R1(config-router-af)# redistribute connected
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 remote-as 65001
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 activate
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 as-override

R5(config)# router bgp 65003
R5(config-router)# neighbor 192.168.15.1 remote-as 110
R5(config-router)# address-family ipv4
R5(config-router-af)# network 10.255.255.5 mask 255.255.255.0
R5(config-router-af)# network 172.23.0.0 mask 255.255.255.0
R5(config-router-af)# neighbor 192.168.15.1 activate

```

Ak sme všetko nakonfigurovali správne, v nasledujúcom výpise na smerovači R5, R8 alebo R10 by sme mali vidieť prefixy do všetkých zákazníckych sietí (172.2x.0.0/16).

```
R5#show ip route
```

Gateway of last resort is not set

```

10.0.0.0/32 is subnetted, 2 subnets
C    10.255.255.5 is directly connected, Loopback0
B    10.255.255.8 [20/0] via 192.168.15.1, 00:56:21
B    172.21.0.0/16 [20/0] via 192.168.15.1, 00:56:21
B    172.22.0.0/16 [20/0] via 192.168.15.1, 00:56:21

```

172.23.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C **172.23.0.0/16** is directly connected, Loopback100
L 172.23.0.1/32 is directly connected, Loopback100
...

Konfiguráciu môžeme overiť aj jednoduchým pingom medzi stanicami vrámci jedného zákazníka

R5#ping 172.22.0.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.22.0.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 72/76/80 ms

R5#ping 172.21.0.1

Type escape sequence to abort.

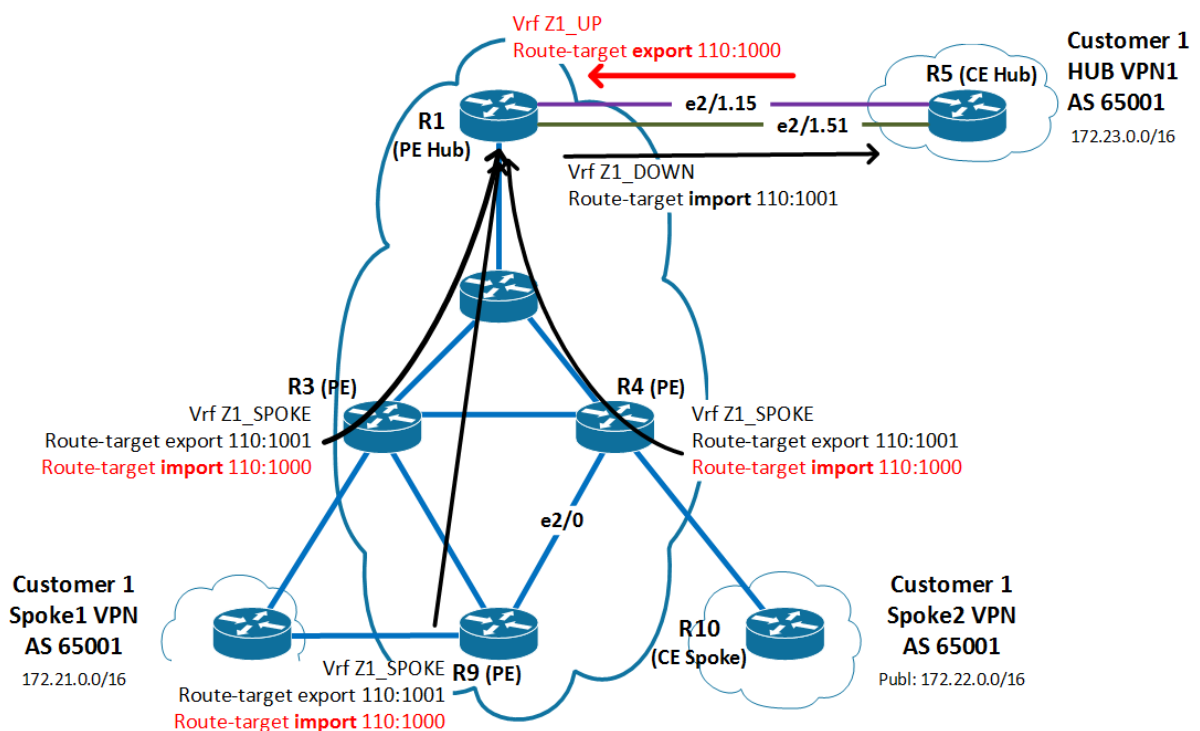
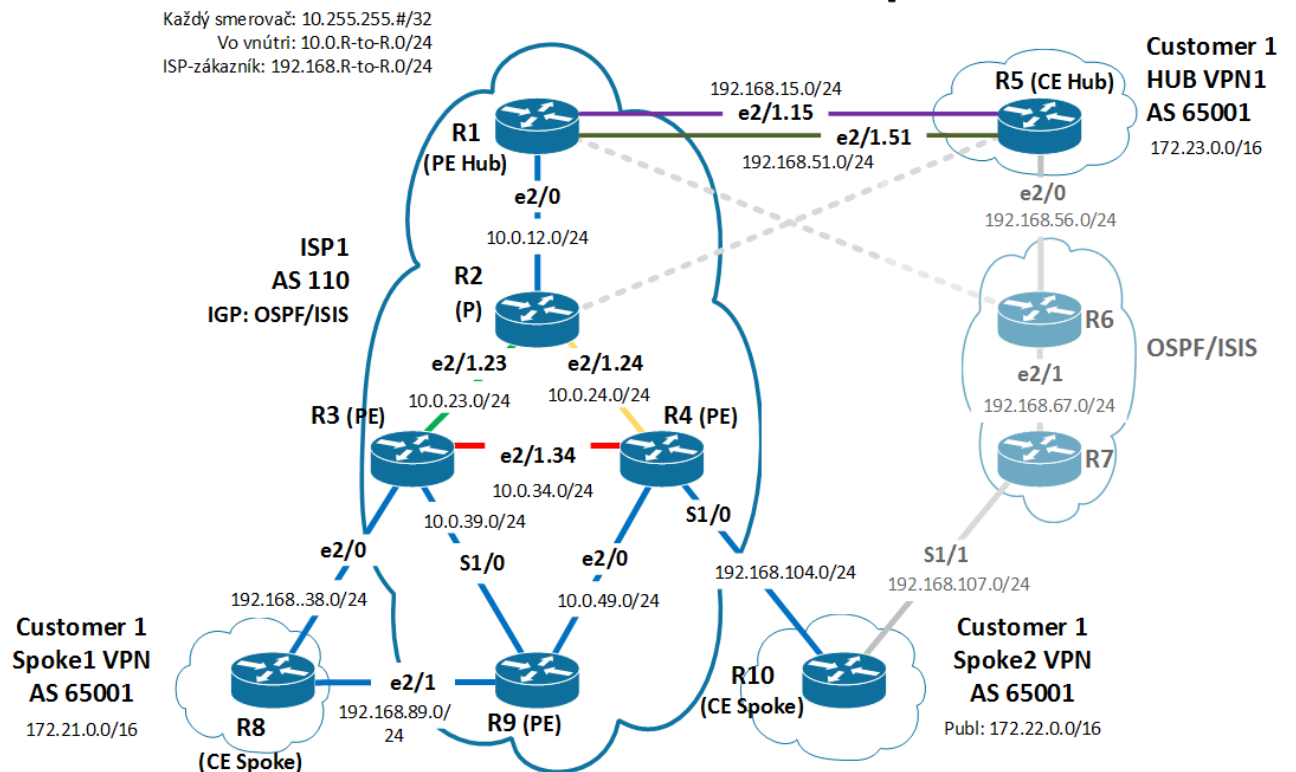
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.21.0.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 72/76/80 ms

3. cv (Hub and spoke)

3.cv – Hub and Spoke VPN



Obrázok 1Obrázok 1L2 VPN Hub And Spoke topo - route-target

Našou ďalšou úlohou bolo zabezpečiť, aby všetka komunikácia medzi ľubovoľnými stanicami zákazníka RED išla cez centrálu (smerovač R5) za účelom lepšej administrácie.

Táto úloha bola zameraná najmä na využitie rozdielnych route-target pre export a import, teda kvázi niečo ako keď sme pri BGP menili politiky pomocou Communities.

Na R1, teda PE smerovači vzhľadom na centrálu (R5), sme rozdelili existujúcu vrť RED z minulého cvičenia na dve vrť RED_UP a RED_DOWN. Najjednoduchším riešením bolo zmazať celú vrť RED, kedy sa automaticky zmazali aj záznamy z BGP a rozhraní.

```
R1(config)# no ip vrf RED
```

```
R1(config)# ip vrf RED_UP
```

```
R1(config-vrf)# rd 110:123
```

```
R1(config-vrf)# route-target export 110:1000
```

```
R1(config)# ip vrf RED_DOWN
```

```
R1(config-vrf)# rd 110:321
```

```
R1(config-vrf)# route-target import 110:1001
```

Ďalším krokom bolo priradenie vrť k rozhraniu. Keďže na jednom rozhraní môžeme mať len jednu vrť (je to logické, že za jedným rozhraním nemôžu byť 2 zákazníci), musíme linku medzi R1 a R5 rozdeliť na dve sub-rozhrania.

```
R1(config)# int e2/1
```

```
R1(config-if)# no ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
```

```
R1(config)# int e2/1.15
```

```
R1(config-if)# encapsulation dot1q 15
```

```
R1(config-if)# ip vrf forwarding RED_UP
```

```
R1(config-if)# ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
```

```
R1(config)# int e2/1.51
```

```
R1(config-if)# encapsulation dot1q 51
```

```
R1(config-if)# ip vrf forwarding RED_DOWN
```

```
R1(config-if)# ip address 192.168.51.1 255.255.255.0
```

```
R5(config)# int e2/1
```

```
R5(config-if)# no ip address 192.168.15.5 255.255.255.0
```

```
R5(config)# int e2/1.15
```

```
R5(config-if)# encapsulation dot1q 15
```

```
R5(config-if)# ip address 192.168.15.5 255.255.255.0
```

```
R5(config)# int e2/1.51
```

```
R5(config-if)# encapsulation dot1q 51
```

```
R5(config-if)# ip address 192.168.51.5 255.255.255.0
```

Následne sme museli pozmeniť aj informáciu v BGP. Keďže pôvodná address-family ipv4 RED sa zmazala so zmazaním samotnej vrť RED, nemuseli sme ju mazať v BGP. Bolo však treba pridať nové address-family pre nové vrť RED_UP a RED_DOWN.


```

R1(config)# router bgp 110
R1(config-router)# address-family ipv4 vrf RED_DOWN
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.51.5 remote-as 65001
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.51.5 activate
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.51.5 as-override
R1(config-router)# address-family ipv4 vrf RED_UP
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 remote-as 65001
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 activate
R1(config-router-af)# neighbor 192.168.15.5 as-override

```

A na smerovači R5 pridať nového suseda:

```

R5(config)# router bgp 65001
R5(config-router)# neighbor 192.168.51.1 remote-as 110
R5(config-router)# address-family ipv4
R5(config-router-af)# neighbor 192.168.51.1 activate

```

Ďalej sme museli pridať statickú default cestu a nastaviť jej redistribúciu smerom k spoke smerovačom.

```

R5(config)# ip route vrf RED_UP 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.15.5
R5(config)# router bgp 110
R5(config-router)# address-family ipv4 vrf RED_UP
R5(config-router-af)# default-information originate

```

Posledným krokom bola zmena konfigurácie vrf RED (konkrétne rozdelenie route-target both na zvlášť import a export) na všetkých ostatných PE smerovačoch (R3,R4,R9) nasledovne:

```

R3(config)# ip vrf RED
R3(config-vrf)# no route-target export 110:1
R3(config-vrf)# no route-target import 110:1
R3(config-vrf)# no route-target export 110:1001
R3(config-vrf)# no route-target import 110:1000

```

Na overenie správnosti konfigurácie je najlepší nástroj traceroute. V ňom sa pokúsime ukázať trasu paketu medzi smerovačmi R8 a R10.

R8#traceroute 172.22.0.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 172.22.0.1

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

```

 1 192.168.38.3 [AS 110] 12 msec 16 msec 12 msec
 2 10.0.23.2 [AS 110] [MPLS: Labels 16/29 Exp 0] 84 msec 80 msec 76 msec
 3 192.168.15.1 [AS 110] [MPLS: Label 29 Exp 0] 80 msec 80 msec 80 msec
 4 192.168.15.5 [AS 110] 76 msec 80 msec 80 msec
 5 192.168.51.1 [AS 110] 80 msec 80 msec 80 msec
 6 * 10.0.12.2 [AS 110] [MPLS: Labels 20/29 Exp 0] 160 msec *
```

```
7 192.168.104.4 [AS 110] [MPLS: Label 29 Exp 0] 140 msec 140 msec 140 msec
8 192.168.104.10 [AS 110] 148 msec * 148 msec
```

R10#tracert 172.21.0.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 172.21.0.1

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

```
1 192.168.104.4 [AS 110] 20 msec 16 msec 12 msec
2 10.0.24.2 [AS 110] [MPLS: Labels 16/29 Exp 0] 84 msec 80 msec 80 msec
3 192.168.15.1 [AS 110] [MPLS: Label 29 Exp 0] 84 msec 80 msec 80 msec
4 192.168.15.5 [AS 110] 76 msec 80 msec 76 msec
5 192.168.51.1 [AS 110] 80 msec 76 msec 76 msec
6 * * 10.0.12.2 [AS 110] [MPLS: Labels 17/25 Exp 0] 168 msec
7 * 192.168.38.3 [AS 110] [MPLS: Label 25 Exp 0] 164 msec 144 msec
8 192.168.38.8 [AS 110] 140 msec * 148 msec
```

Ako môžeme vidieť, v oboch pokusoch prešiel ICMP paket cez smerovač R5 (centrálu).

4. Cv. Multicast VPN (Draft Rosen)

Pre toto cvičenie sme museli vrátiť k topológii z cvičenia 2 (L3 VPN).

Podobne ako pri klasickom Multicast-e sme najprv zapli na všetkých smerovačoch jeho podporu príkazom:

```
R3(config)# ip multicast-routing
```

A tiež sme na všetkých rozhraniach, vrátane Loopback0 a Loopback100 (ak existujú) zapli protokol PIM so sparse módom.

```
R3(config)# int e2/0
```

```
R3(config-if)# ip pim sparse-mode
```

Na všetkých PE smerovačoch zákazníka RED (R1, R3, R4, R9) sme osobitne zapli multicast-routing pre jeho vrf RED:

```
R3(config)# ip multicast-routing vrf RED
```

Našou úlohou bolo tiež nakonfigurovať dva RP, jeden pre sieť providera a druhú pre sieť zákazníka. Pre sieť providera sme zvolili smerovač R1 a pre sieť zákazníka smerovač R5.

Na všetkých smerovačoch providera sme nastavili RP príkazom:

```
R3(config)# ip pim rp-address 10.255.255.1
```

A na PE smerovačoch zákazníka RED sme nastavili RP príkazom

```
R3(config)# ip pim vrf RED rp-address 172.23.0.1
```

Ďalej bolo potrebné nakonfigurovať default MDT (Multicast Distribution Tree). Default MDT definuje cestu, ktorú používajú PE smerovače k posielaniu multicastových dát a kontrolných správ medzi sebou v rámci jednej multicastovej domény. Default MDT sa teda konfiguruje zvlášť pre každú VRF. Pre zákazníka RED je konfigurácia nasledovná:

```
R3(config)# ip vrf RED
R3(config-vrf)# mdt default 239.10.10.10
```

Pre overenie správnosti konfigurácia sme na smerovačoch R8 a R10 pripojili Loopback100 rozhrania do multicastovej skupiny príkazom:

```
R8(config)# int lo100
R8(config-if)# ip igmp join-group 239.10.10.10
```

Následne sme jednoduchým pingom odskúšali, či nám pri „pinganí“ multicastovej skupiny 239.10.10.10 chodia odpovede od pripojených Loopbackov.

```
R5(config-if)#do ping 239.10.10.10 so lo100 repeat 5
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 239.10.10.10, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 172.23.0.1
```

```
Reply to request 0 from 172.22.0.1, 88 ms
Reply to request 0 from 172.21.0.1, 136 ms
Reply to request 0 from 172.22.0.1, 116 ms
Reply to request 0 from 172.21.0.1, 112 ms
Reply to request 1 from 172.22.0.1, 64 ms
Reply to request 1 from 172.21.0.1, 120 ms
Reply to request 1 from 172.21.0.1, 108 ms
Reply to request 1 from 172.22.0.1, 100 ms
Reply to request 2 from 172.22.0.1, 96 ms
Reply to request 2 from 172.21.0.1, 108 ms
Reply to request 2 from 172.21.0.1, 108 ms
Reply to request 2 from 172.22.0.1, 96 ms
Reply to request 3 from 172.22.0.1, 52 ms
Reply to request 3 from 172.21.0.1, 108 ms
Reply to request 3 from 172.21.0.1, 96 ms
Reply to request 3 from 172.22.0.1, 88 ms
Reply to request 4 from 172.22.0.1, 52 ms
Reply to request 4 from 172.21.0.1, 100 ms
Reply to request 4 from 172.21.0.1, 92 ms
Reply to request 4 from 172.22.0.1, 88 ms
```

5. Kontrolné otázky k danej téme

- 1) MPLS:
 - a. Multi Protocol Label Switching
 - b. Multi Protocol List Switching

c. Vytvorený IITF

2) LDP Messages

- a. Discovery/Hello , Term/Adjacency, Advertisement, Notification
- b. Discovery/Hello , Session/Adjacency, Advertisement, Relation
- c. Dead/Hello , Session/Adjacency, Advertisement, Notification
- d. **Discovery/Hello , Session/Adjacency, Advertisement, Notification**

3) Varianty mechanizmu discovery:

- a. Basic, expert
- b. **Basic, extended**
- c. Basic, extended, expert
- d. Root, extended

4) Draft Rosen

- a. Multiprotocol
- b. Protocol
- c. **Multicast**
- d. MPLS

5) Konfigurácia mpls:

- a. ip cef,mpls ip, mpls label protocol ldp, mpls ldp router-id lo0 force
- b. **mpls ip, mpls label protocol ldp, mpls ldp router-id lo0 force**
- c. ip cef,mpls ip, mpls label protocol ldp, mpls ldp router-id force
- d. ip cef,mpls ip, mpls label ldp, mpls ldp router-id lo0 force

VRFs:

Virtual Routing and Forwarding instances

Virtual Router and Forwarding instances

Virtual Routing and Fast instances

Zovšeobecnením VPN je:

Virtualizácia routra

Tunelovanie

Komunikácia

Route Target

Je komunita BGP používaná pre označovanie prefixov

Slúži na vytvorenie VPN cesty

Inštancia reprezentuje koncový bod VPN

AFI

Podkategória pre SAFI

Identifikuje typ adresy

Slúži na vytvorenie VPN cesty

Address Family internet

Zapnutie protokolu spim so spars módom

pim sparse-mode

ip pim sparse-mode

ip multicast sparse-mode

ip pim multicast sparse-mode