

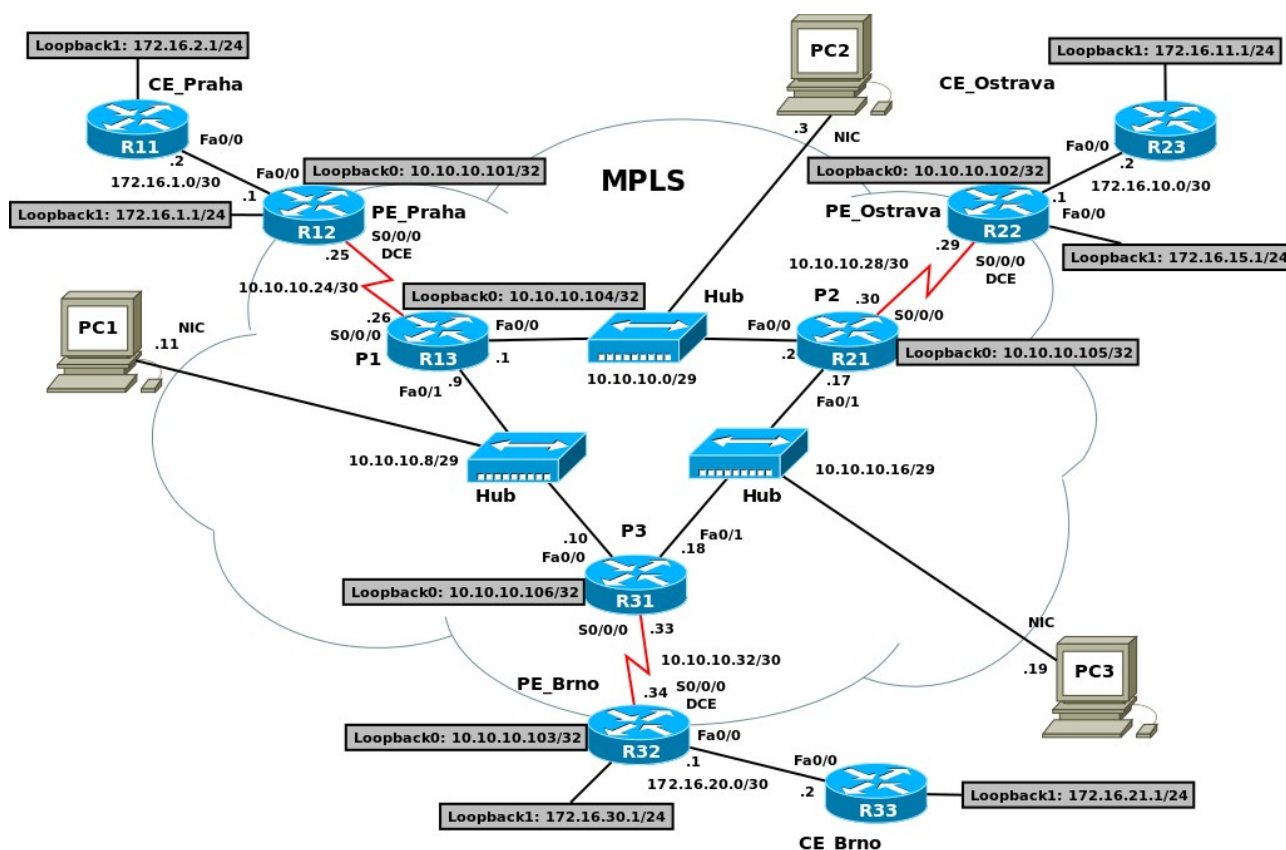
Lab. 6: Konfigurace MPLS sítě

Cíle měření

Cílem laboratorní úlohy je na praktickém příkladě zapojení devíti směrovačů pochopit a ověřit:

- konfiguraci MPLS
- konfiguraci VRF
- konfiguraci směrovacího protokolu MP-BGP pro distribuci směrovacích informací mezi VRF a distribuci MPLS značek
- řešení možných problémů při konfiguraci MPLS a MP-BGP

Topologie zapojení



Domácí příprava

Důkladně si pročtěte celý návod. Uvedené konfigurační postupy nejsou celé a VPN MPLS síť by takto nebyla plně funkční. Je nutné tyto postupy doplnit. Vše co potřebujete je zde uvedeno.

Adresy rozhraní

Jméno zařízení	Rozhraní	IPv4 adresa/prefix	Telnet (port)
CE_Praha (R11)	Loopback1	172.16.2.1/24	10.20.0.251 2001
	Fa0/0	172.16.1.2/30	
PE_Praha (R12)	Loopback0	10.10.10.101/32	10.20.0.251 2002
	Loopback1	172.16.1.1/24	
	Fa0/0	172.16.1.1/30	
	S0/0/0 (DCE)	10.10.10.25/30	
P1 (R13)	Loopback0	10.10.10.104/32	10.20.0.251 2003
	Fa0/0	10.10.10.1/29	
	Fa0/1	10.10.10.9/29	
	S0/0/0	10.10.10.26/30	
PC1	NIC	10.10.10.11/29	
CE_Ostrava (R23)	Loopback1	172.16.11.1/24	10.20.0.251 2004
	Fa0/0	172.16.10.2/30	
PE_Ostrava (R22)	Loopback0	10.10.10.102/32	10.20.0.251 2005
	Loopback1	172.16.15.1/24	
	Fa0/0	172.16.10.1/30	
	S0/0/0 (DCE)	10.10.10.29/30	
P2 (R21)	Loopback0	10.10.10.105/32	10.20.0.251 2006
	Fa0/0	10.10.10.2/29	
	Fa0/1	10.10.10.17/29	
	S0/0/0	10.10.10.30/30	
PC2	NIC	10.10.10.3/29	
CE_Brno (R33)	Loopback1	172.16.21.1/24	10.20.0.251 2007
	Fa0/0	172.16.20.2/30	
PE_Brno (R32)	Loopback0	10.10.10.103/32	10.20.0.251 2008
	Loopback1	172.16.30.1/24	
	Fa0/0	172.16.20.1/30	
	S0/0/0 (DCE)	10.10.10.34/30	
P3 (R31)	Loopback0	10.10.10.106/32	10.20.0.251 2009

	Fa0/0	10.10.10.10/29	
	Fa0/1	10.10.10.18/29	
	S0/0/0	10.10.10.33/30	
PC3	NIC	10.10.10.19/29	

Scénář

Představte si, že jste poskytovatelem MPLS sítě a máte zajistit konektivitu mezi centrální sítí banky XYZ a jejími pobočkami v Brně a v Ostravě. Banka XYZ vyžaduje službu virtuální privátní sítě (VPN) v režimu peer-to-peer. Dále máte zajistit konektivitu mezi koncovými sítěmi Zákazníka, které se rovněž nacházejí v těchto městech. Zákazník také vyžaduje službu VPN v režimu peer-to-peer a navíc koncová síť v Praze používá stejný adresní rozsah jako centrální síť banky XYZ. Obě VPN mají být odděleny. Topologii sítě jste si již vytvořili, viz výše v textu.

V této laboratorní úloze bude celá cvičící skupina konfigurovat síť podle topologie uvedené výše. Rozdělte se na 3 pracovní skupiny a cílem každé skupiny bude nakonfigurovat tři směrovače MPLS sítě (CE, PE a P směrovače) tak, aby celá síť byla plně funkční.

Úkol 1: Základní konfigurace směrovače

Krok 1: Zapojte pracoviště podle topologie zapojení

Zapojte pracoviště podle topologie zapojení. Připojte se pomocí webového prohlížeče na <http://power.lab/>. Zapněte NAS1 a směrovače, které budete používat. Propojte příslušné sériové rozhraní s rozhraním směrovače na patch panelu (označeno Rxx). Pomocí příkazového řádku (nebo Putty) se připojte na směrovač programem telnet. Použijte příkaz **telnet 10.20.0.251 200X**, kde X je číslo sériového rozhraní na patch panelu.

Tímto způsobem propojte sériová rozhraní se všemi rozhraními použitých směrovačů.

Při konfiguraci používejte **Tab** pro automatické doplnění příkazu a **?** pro nápovědu.

Krok 2: Nakonfigurujte základní parametry směrovačů

Nakonfigurujte směrovače podle následujících pokynů:

- Nakonfigurujte jména směrovačů.
- Nakonfigurujte rozhraní směrovačů podle tabulky Adresy rozhraní. **Prozatím nekonfigurujte na směrovačích PE rozhraní Fa0/0 a Loopback1.** Rozhraní Loopback1 na směrovačích PE představuje koncové síť Zákazníka.
- Nakonfigurujte směrovací protokol OSPF v rámci sítě MPLS, viz Topologie zapojení. **Identifikační číslo procesu OSPF zvolte 1.** Nakonfigurujte OSPF tak, aby se v oblasti **area 0** šířily informace o síti **10.10.10.0/24**.

- Správnost konfigurace rozhraní směrovačů a směrovacího protokolu OSPF ověřte programem **ping** na rozhraní **Loopback0** jednotlivých směrovačů v rámci sítě MPLS.

Byly testy spojení úspěšné? _____

Jestli ne, vyřešte problém, případně proveďte znovu konfiguraci rozhraní a směrovacího protokolu OSPF.

Krok 3: Nakonfigurujte rozhraní PC

Nakonfigurujte rozhraní počítačů PC1, PC2 a PC3. Tyto počítače dále budete používat pro odchyťávání komunikace v MPLS síti.

Úkol 2: Konfigurace MPLS

Zapněte podporu MPLS na jednotlivých směrovačích v rámci sítě MPLS. Použijte příkaz **mpls ip** v globálním konfiguračním režimu. Jeho konfigurací se automaticky spustí proces distribuce MPLS značek mezi směrovači. Jako výchozí distribuční protokol se u Cisco směrovačů používá protokol LDP, který se identifikuje IP adresou rozhraní Loopback0. Zapněte podporu MPLS i na úrovni rozhraní, které náleží do MPLS sítě. Rovněž použijte příkaz **mpls ip**.

```
Router(config)# mpls ip
Router(config-if)# mpls ip
```

Pro kontrolu podpory MPLS a distribučního protokolu na jednotlivých rozhraních použijte příkaz **show mpls interfaces**.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha)

```
PE_Praha# show mpls interfaces
Interface          IP          Tunnel    Operational
Serial0/0/0        Yes (ldp)   No        Yes
```

V případě, že jako výchozí distribuční protokol nebude nastaven protokol LDP, zapněte ho pomocí příkazu **mpls label protocol ldp** a nastavte, aby se identifikoval IP adresou rozhraní Loopback0 příkazem **mpls ldp router-id Loopback0**.

```
Router(config)# mpls label protocol ldp
Router(config)# mpls ldp router-id Loopback0
```

Zobrazte si sousední MPLS směrovače pomocí příkazu **show mpls ldp neighbor**.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha)

```
PE_Praha# show mpls ldp neighbor
Peer LDP Ident: 10.10.10.104:0; Local LDP Ident 10.10.10.101:0
TCP connection: 10.10.10.104.22330 - 10.10.10.101.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 23/23; Downstream
Up time: 00:07:49
LDP discovery sources:
  Serial0/0/0, Src IP addr: 10.10.10.26
Addresses bound to peer LDP Ident:
  10.10.10.9      10.10.10.1      10.10.10.26      10.10.10.104
```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Zobrazte si přiřazené značky pomocí příkazu **show mpls ldp bindings**. Tímto příkazem vypíšete obsah LIB (Label Information Base) tabulky.

```
PE_Praha# show mpls ldp bindings
lib entry: 10.10.10.0/29, rev 2
  local binding: tag: 16
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: imp-null
lib entry: 10.10.10.8/29, rev 10
  local binding: tag: 17
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: imp-null
lib entry: 10.10.10.16/29, rev 8
  local binding: tag: 18
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 16
lib entry: 10.10.10.24/30, rev 24
  local binding: tag: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: imp-null
lib entry: 10.10.10.28/30, rev 24
  local binding: tag: 19
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 17
lib entry: 10.10.10.32/30, rev 23
  local binding: tag: 20
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 18
lib entry: 10.10.10.101/32, rev 4
  local binding: tag: imp-null
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 19
lib entry: 10.10.10.102/32, rev 6
  local binding: tag: 21
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 20
lib entry: 10.10.10.103/32, rev 20
  local binding: tag: 22
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 21
lib entry: 10.10.10.104/32, rev 19
  local binding: tag: 23
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: imp-null
lib entry: 10.10.10.105/32, rev 17
  local binding: tag: 24
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 22
lib entry: 10.10.10.106/32, rev 15
  local binding: tag: 25
  remote binding: lsr: 10.10.10.104:0, tag: 23
```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Výpis směrovače PE_Praha si teď trochu rozebereme. Z výpisu lze vidět, že značky (labels) propaguje k tomuto směrovači soused s ID 10.10.10.104 (směrovač P1). Přímě připojené sítě 10.10.10.24/30 a 10.10.10.101/32 mají local binding imp-null a přímě připojené sítě souseda (P1) 10.10.10.0/29, 10.10.10.8/29, 10.10.10.24/30 a 10.10.10.104/32 mají remote binding imp-null. Směrovač P1 nabízí cesty i do ostatních sítí. Například pro síť 10.10.10.16/29 nabízí značku 16. Směrovač PE_Praha by nabízel značku 18.

Zobrazte si přiřazené značky pomocí příkazu **show mpls forwarding-table**. Tímto příkazem vypíšete obsah LFIB (Label Forwarding Information Base) tabulky.

```
PE_Praha# show mpls forwarding-table
Local   Outgoing   Prefix          Bytes tag   Outgoing     Next Hop
tag     tag or VC  or Tunnel Id    Switched    interface
16      Pop tag    10.10.10.0/29   0           Se0/0/0      point2point
17      Pop tag    10.10.10.8/29   0           Se0/0/0      point2point
18      16         10.10.10.16/29  0           Se0/0/0      point2point
```

19	17	10.10.10.28/30	0	Se0/0/0	point2point
20	18	10.10.10.32/30	0	Se0/0/0	point2point
21	20	10.10.10.102/32	0	Se0/0/0	point2point
22	21	10.10.10.103/32	0	Se0/0/0	point2point
23	Pop tag	10.10.10.104/32	0	Se0/0/0	point2point
24	22	10.10.10.105/32	0	Se0/0/0	point2point
25	23	10.10.10.106/32	0	Se0/0/0	point2point

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

LFIB obsahuje pouze prefixy, pro něž směrovač očekává příchod paketů označených značkou. Například pakety do sítě 10.10.10.16/29 přicházejí se značkou 18 a odcházejí rozhraním Se0/0/0 se značkou 16. Z důvodu PHB (Penultimate Hop Behavior) bude směrovač PE_Praha odstraňovat značky z paketů pro sítě 10.10.10.0/29, 10.10.10.8/29 a 10.10.10.104/32, sousední směrovač P1 je pro tyto sítě posledním skokem a propaguje značku imp-null.

Na základě výše zmíněného popisu určete, jaké značky jsou přiřazeny sítím 10.10.10.24/30, 10.10.10.28/30 a 10.10.10.32/30?

Zapněte sledování zacházení se značkami pomocí příkazu **debug mpls packet** na směrovačích P a program **wireshark** pro odchyťování paketů na rozhraních NIC na počítačích PC1, PC2 a PC3. Vyzkoušejte ping mezi PE směrovači a na základě získaných informací analyzujte přenos dat. Budou zobrazovány informace o paketech přepínaných pouze s použitím LFIB (tedy bez použití směrovací tabulky).

```
P1# debug mpls packet
* Feb 14 14:47:04.855: MPLS: Se0/0/0: recvd: Cos=0, TTL=255, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:04.855: MPLS: Fa0/0: xmit: CoS=0, TTL=254, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:09.156: MPLS: Se0/0/0: recvd: Cos=0, TTL=255, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:09.156: MPLS: Fa0/0: xmit: CoS=0, TTL=254, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:12.632: MPLS: Se0/0/0: recvd: Cos=0, TTL=255, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:12.632: MPLS: Fa0/0: xmit: CoS=0, TTL=254, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:15.855: MPLS: Se0/0/0: recvd: Cos=0, TTL=255, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:15.855: MPLS: Fa0/0: xmit: CoS=0, TTL=254, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:18.155: MPLS: Se0/0/0: recvd: Cos=0, TTL=255, Label(s)=20
* Feb 14 14:47:18.155: MPLS: Fa0/0: xmit: CoS=0, TTL=254, Label(s)=20
```

Zaznamenejte podobu MPLS záhlaví přenášeného paketu a umístění tohoto záhlaví ve smyslu RM-OSI:

Stopněte program wireshark.

Úkol 3: Konfigurace VRF

Konfigurace *Virtual Routing and Forwarding* (VRF) umožní přenos směrování zákaznického rozsahu (dle RFC1918) MPLS sítě a spolu-existenci stejného adresního rozsahu na jednom směrovači (překrývající se VPN).

Na směrovačích PE vytvořte samostatné VRF pro koncové síť banky XYZ a Zákazníka. Jména VRF mají lokální význam. Konfigurace VRF zahrnuje krok vytvoření VRF pomocí příkazu **ip vrf „vrf-název“** v globálním konfiguračním režimu. Každé VRF přiřadte RD (Router Distinguisher), který zajistí globální jednoznačnost adres pomocí příkazu **rd „číslo-AS“:„id“** ve VRF konfiguračním režimu, kde *číslo-AS* je 16ti bitové číslo autonomního systému v rámci BGP protokolu poskytovatele a *id* je 32ti desítkové číslo, které jednoznačně odlišuje jednotlivé prvky. V rámci sítě musí být oba parametry jednoznačné. Dále musíte pro každou VRF nadefinovat Route Target (TR), jímž budou označeny prefixy propagované z dané VRF ostatním PE směrovačům. Dále je nutné specifikovat pod jakým označením má být směrovací informace exportována a přijímána z/do VRF. K tomu slouží příkaz **route-target {import | export | both} „číslo-AS“:„id“**.

Z důvodu spolu-existence stejného adresního prostoru na směrovači PE_Praha je nezbytné nakonfigurovat překrývající se VPN tak, jak je popsáno ve scénáři. Tento způsob překrytí VPN je možný, protože nedochází překrytí adresních prostorů pro žádnou ze vzájemně dostupných koncových sítí. RD musí být navrženy tak, aby zajišťovali jednoznačnost adres a zároveň odlišovali příslušné VRF.

```
PE_Praha(config)# ip vrf vpn_banku
PE_Praha(config-vrf)# rd 115:43
PE_Praha(config-vrf)# route-target both 115:43
PE_Praha(config-vrf)# exit
PE_Praha(config)# ip vrf vpn_zakaznik
PE_Praha(config-vrf)# rd 115:53
PE_Praha(config-vrf)# route-target both 115:53

PE_Ostrava(config)# ip vrf vpn_banku
PE_Ostrava(config-vrf)# rd 115:43
PE_Ostrava(config-vrf)# route-target both 115:43
PE_Ostrava(config-vrf)# exit
PE_Ostrava(config)# ip vrf vpn_zakaznik
PE_Ostrava(config-vrf)# rd 115:53
PE_Ostrava(config-vrf)# route-target both 115:53
```



```

PE_Brno(config)# ip vrf vpn_banku
PE_Brno(config-vrf)# rd 115:43
PE_Brno(config-vrf)# route-target both 115:43
PE_Brno(config-vrf)# exit
PE_Brno(config)# ip vrf vpn_zakaznik
PE_Brno(config-vrf)# rd 115:53
PE_Brno(config-vrf)# route-target both 115:53

```

Vytvořenou VRF je nutné svázat s konkrétním rozhraním pomocí příkazu **ip vrf forwarding „vrf-název“** v konfiguračním režimu daného rozhraní. Zároveň teď nakonfigurujte IP adresy rozhraní Fa0/0 a Loopback1 na PE směrovačích podle tabulky Adresy rozhraní, viz výše. V případě, že jste již IP adresu danému rozhraní nakonfigurovali, tato IP adresa bude odstraněna a znovu nakonfigurována.

```

PE_Praha(config)# interface FastEthernet 0/0
PE_Praha(config-if)# ip vrf forwarding vpn_banku
PE_Praha(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
PE_Praha(config-if)# no shutdown
PE_Praha(config-if)# exit
PE_Praha(config)# interface Loopback1
PE_Praha(config-if)# ip vrf forwarding vpn_zakaznik
PE_Praha(config-if)# ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
PE_Praha(config-if)# no shutdown

PE_Ostrava(config)# interface FastEthernet 0/0
PE_Ostrava(config-if)# ip vrf forwarding vpn_banku
PE_Ostrava(config-if)# ip address 172.16.10.1 255.255.255.252
PE_Ostrava(config-if)# no shutdown
PE_Ostrava(config-if)# exit
PE_Ostrava(config)# interface Loopback1
PE_Ostrava(config-if)# ip vrf forwarding vpn_zakaznik
PE_Ostrava(config-if)# ip address 172.16.15.1 255.255.255.0
PE_Ostrava(config-if)# no shutdown

PE_Brno(config)# interface FastEthernet 0/0
PE_Brno(config-if)# ip vrf forwarding vpn_banku
PE_Brno(config-if)# ip address 172.16.20.1 255.255.255.252
PE_Brno(config-if)# no shutdown
PE_Brno(config-if)# exit
PE_Brno(config)# interface Loopback1
PE_Brno(config-if)# ip vrf forwarding vpn_zakaznik
PE_Brno(config-if)# ip address 172.16.30.1 255.255.255.0
PE_Brno(config-if)# no shutdown

```

K ověření správnosti konfigurace můžete použít příkaz **show ip vrf [detail]**, který vypíše informace o nakonfigurovaných VRF na směrovači.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha)

```

PE_Praha# show ip vrf

```

Name	Default RD	Interfaces
vpn_banku	115:43	Fa0/0
vpn_zakaznik	115:53	Lo1

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Jaké RD a rozhraní je přiřazeno VRF vpn_banku a vpn_zakaznik?

Úkol 4: Konfigurace protokolu BGP + redistribuce z RIP

Konfigurace Multiprotocol BGP (MP-BGP) mezi PE směrovači umožní distribuovat prefixy mezi jednotlivými VRF. Principiálně se jedná o relace interního BGP (IBGP) a proto musí být relace mezi PE směrovači konfigurovány v rámci MPLS sítě každý s každým. MP-IBGP relace nakonfigurujete mezi rozhraními Loopback0 PE směrovačů.

Konfigurace MP-BGP zahrnuje krok konfigurace MP-BGP sousedů v BGP konfiguračním režimu, do kterého se dostanete příkazem **router bgp „číslo-AS“**. Zde nakonfigurujete všechny MP-BGP sousedy (PE směrovače) pomocí příkazu **neighbor „IP-adresa-sousedů“ remote-as „číslo-AS“** a jako zdrojovou adresu TCP relace, která předává BGP aktualizace, nastavíte rozhraní Loopback0 pomocí příkazu **neighbor „IP-adresa-sousedů“ update-source Loopback0**.

```
PE_Praha(config)# router bgp 115
PE_Praha(config-router)# bgp log-neighbor-changes
PE_Praha(config-router)# network 10.10.10.101 mask 255.255.255.255
PE_Praha(config-router)# neighbor 10.10.10.102 remote-as 115
PE_Praha(config-router)# neighbor 10.10.10.102 update-source Loopback0
PE_Praha(config-router)# neighbor 10.10.10.103 remote-as 115
PE_Praha(config-router)# neighbor 10.10.10.103 update-source Loopback0
PE_Praha(config-router)# no auto-summary

PE_Ostrava(config)# router bgp 115
PE_Ostrava(config-router)# no synchronization
PE_Ostrava(config-router)# bgp log-neighbor-changes
PE_Ostrava(config-router)# network 10.10.10.102 mask 255.255.255.255
PE_Ostrava(config-router)# neighbor 10.10.10.101 remote-as 115
PE_Ostrava(config-router)# neighbor 10.10.10.101 update-source Loopback0
PE_Ostrava(config-router)# neighbor 10.10.10.103 remote-as 115
PE_Ostrava(config-router)# neighbor 10.10.10.103 update-source Loopback0
PE_Ostrava(config-router)# no auto-summary

PE_Brno(config)# router bgp 115
PE_Brno(config-router)# no synchronization
PE_Brno(config-router)# bgp log-neighbor-changes
PE_Brno(config-router)# network 10.10.10.103 mask 255.255.255.255
PE_Brno(config-router)# neighbor 10.10.10.101 remote-as 115
PE_Brno(config-router)# neighbor 10.10.10.101 update-source Loopback0
PE_Brno(config-router)# neighbor 10.10.10.102 remote-as 115
PE_Brno(config-router)# neighbor 10.10.10.102 update-source Loopback0
PE_Brno(config-router)# no auto-summary
```

Vysvětlení ostatních použitých příkazů. Příkaz **no synchronization** povoluje propagaci prefixů bez nutnosti čekat na IGP. Příkaz **bgp log-neighbor-changes** umožňuje vypisovat změny stavů sousedů (up nebo down). Příkaz **network „číslo-sítě“ mask „maska“** specifikuje seznam sítí, které bude BGP propagovat. Příkaz **no auto-summary** zakazuje sumarizaci propagovaných subnetovaných prefixů sítí do jednoho prefixu sítě.

Dále je třeba nakonfigurovat relaci, která bude distribuovat MPLS značky pomocí příkazu **address-family vpnv4**. MPLS značky jsou nutné pro vybudování VPN skrz síť poskytovatele. Příkazem **neighbor „IP-adresa-sousedů“ activate** vyberete BGP souseda, se kterým se bude výměna informací provozovat. Příkaz **neighbor „IP-**

adresa-souseda“ **send-community both** povolí předávání atributu COMMUNITY na daného BGP souseda, který předává route target (RT) daného prefixu a tzv. Site of Origin (SOO), který zabraňuje cyklickému předávání prefixů mezi MP-BGP směrovači. Parametr **both** povoluje předávání standardních a rozšiřujících communit. Příkaz **neighbor „IP-adresa-souseda“ next-hop-self** přinutí všechny BGP aktualizace propagovat na danou IP adresu BGP souseda.

```
PE_Praha(config-router)# address-family vpnv4
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 activate
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 send-community both
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 next-hop-self
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 activate
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 send-community both
PE_Praha(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 next-hop-self

PE_Ostrava(config-router)# address-family vpnv4
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 activate
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 send-community both
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 next-hop-self
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 activate
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 send-community both
PE_Ostrava(config-router-af)# neighbor 10.10.10.103 next-hop-self

PE_Brno(config-router)# address-family vpnv4
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 activate
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 send-community both
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.101 next-hop-self
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 activate
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 send-community both
PE_Brno(config-router-af)# neighbor 10.10.10.102 next-hop-self
```

Směrovací protokol MP-BGP se bude rovněž starat o směrování provozu mezi jednotlivými konci VPN sítě. Konfigurace je vždy vztažena na konkrétní VRF, jehož směrovací informaci chceme pomocí BGP předat jiným VRF, které s ní mají být propojeny. Příkazem **address-family ipv4 vrf „vrf-název“** provedte výběr konkrétního VRF. Příkazem **redistribute** definujte distribuci směrovacích informací o přímo připojených sítích a o sítích připojených prostřednictvím směrovacího protokolu RIP.

```
PE_Praha(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Praha(config-router-af)# redistribute connected
PE_Praha(config-router-af)# redistribute rip
PE_Praha(config-router-af)# no synchronization

PE_Ostrava(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Ostrava(config-router-af)# redistribute connected
PE_Ostrava(config-router-af)# redistribute rip
PE_Ostrava(config-router-af)# no synchronization

PE_Brno(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Brno(config-router-af)# redistribute connected
PE_Brno(config-router-af)# redistribute rip
PE_Brno(config-router-af)# no synchronization
```

K ověření správnosti konfigurace směrovacího protokolu můžete použít příkaz **show ip bgp neighbors**, který se týká formování vztahů protokolu BGP.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha. Výpis není celý.)

```
PE_Praha# show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 10.10.10.102, remote AS 115, internal link
```

```

BGP version 4, remote router ID 10.10.10.102
BGP state = Established, up for 00:04:14
Last read 00:00:52, last write 00:00:35, hold time is 180, keepalive internal
is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(new)
  Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Address family VPNv4 Unicast: advertised and received
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

                Send          Rcvd
Opens:           3            3
Notifications:   0            0
Updates:         7            7
Keepalives:      10           9
Route Refresh:   0            0
Total:           20           19
Default minimum time between advertisement runs is 0 seconds

```

For address family: IPv4 Unicast

```

BGP table version 18, neighbor version 18/0
Output queue size : 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2
1 update-group member

                Sent          Rcvd
Prefix activity: ----
Prefixes Current: 1          1 (Consumes 52 bytes)
Prefixes Total:   1          1
Implicit Withdraw: 1          0
Explicit Withdraw: 0          0
Used as bestpath: n/a        1
Used as multipath: n/a        0

                Outbound      Inbound
Local Policy Denied Prefixes: -----
Bestpath from this peer:         2          n/a
Bestpath from iBGP peer:         1          n/a
Total:                           3          0

Number of NLRI's in the update sent: max 1, min 1

```

For address family: VPNv4 Unicast

```

BGP table version 13, neighbor version 13/0
Output queue size : 0
Index 2, Offset 0, Mask 0x4
2 update-group member
NEXT_HOP is always this router
Community attribute sent to this neighbor

                Sent          Rcvd
Prefix activity: ----
Prefixes Current: 2          2 (Consumes 136 bytes)
Prefixes Total:   4          4
Implicit Withdraw: 2          2
Explicit Withdraw: 0          0
Used as bestpath: n/a        2
Used as multipath: n/a        0

                Outbound      Inbound
Local Policy Denied Prefixes: -----
Bestpath from this peer:         4          n/a
Bestpath from iBGP peer:         4          n/a
Total:                           8          0

```

Number of NLRI's in the update sent: max 1, min 1

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Vyznačené položky indikují navázání relace i pro výměnu informací protokolových rodin VPNv4 a IPv4.

Pro zobrazení informací o konkrétním sousedovi můžete použít příkaz **show ip bgp neighbor „IP-adresa-sousedů“**.

Příkazem **show ip bgp vpnv4 all** zobrazíte distribuované sítě pomocí protokolu MP-BGP.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha)

```
PE_Praha# show ip bgp vpnv4 all
BGP table version is 9, local router ID is 10.10.10.101
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i – internal,
               r RIB-failure, S stále
Origin codes: i – IGP, e – RGP, ? - incomplete
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
Route Distinguisher: 115:43 (default for vrf vpn_banku)					
*> 172.16.1.0/30	0.0.0.0	0		32768	?
*>i172.16.10.0/30	10.10.10.102	0	100	0	?
*>i172.16.20.0/30	10.10.10.103	0	100	0	?
Route Distinguisher: 115:53 (default for vrf vpn_zakaznik)					
*> 172.16.1.0/24	0.0.0.0	0		32768	?
*>i172.16.15.0/24	10.10.10.102	0	100	0	?
*>i172.16.30.0/24	10.10.10.103	0	100	0	?

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Příkazem **show bgp vpnv4 unicast all labels** zobrazíte tabulku protokolu BGP ve formátu, kdy k jednotlivým cestám budou uvedeny i očekávané vstupní a vkládané výstupní značky.

```
PE_Praha# show bgp vpnv4 unicast all labels
Network          Next Hop          In label/Out label
Router Distinguisher: 115:43 (vpn_banku)
172.16.1.0/30     0.0.0.0           26/aggregate(vpn_banku)
172.16.10.0/30    10.10.10.102      nolabel/26
172.16.20.0/30    10.10.10.103      nolabel/26
Router Distinguisher: 115:53 (vpn_zakaznik)
172.16.1.0/24     0.0.0.0           27/aggregate(vpn_zakaznik)
172.16.15.0/24    10.10.10.102      nolabel/27
172.16.30.0/24    10.10.10.103      nolabel/27
```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Proč je u sítě 172.16.1.0/24 uvedena, jako další skok, IP adresa 0.0.0.0?

Úkol 5: Konfigurace protokolu RIP + redistribuce z BGP

Konfigurace směrovacího protokolu RIP mezi směrovači CE a PE umožňuje propagovat prefixy ze zákaznické sítě z CE směrovačů na PE směrovače, které jsou dále pomocí

protokolu MP-BGP předány MPLS sítí koncové sítí na druhé straně VPN.

Na směrovačích PE nakonfigurujte směrovací protokol RIP verze 2 a zakažte summarizaci prefixů pomocí následujících příkazů. Konfigurace je vždy vztažena na konkrétní VRF. Příkazem **address-family ipv4 vrf „vrf-název“** provedte výběr konkrétního VRF. Dále definujte redistribuci směrovacích informací z protokolu BGP příkazem **redistribute bgp „číslo-AS“ metric transparent**. Směrovací protokol RIP bude šířit informace o síti 172.16.0.0/16.

```
PE_Praha(config)# router rip
PE_Praha(config-router)# version 2
PE_Praha(config-router)# no auto-summary
PE_Praha(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Praha(config-router-af)# redistribute bgp 115 metric transparent
PE_Praha(config-router-af)# network 172.16.0.0
PE_Praha(config-router-af)# no auto-summary

PE_Ostrava(config)# router rip
PE_Ostrava(config-router)# version 2
PE_Ostrava(config-router)# no auto-summary
PE_Ostrava(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Ostrava(config-router-af)# redistribute bgp 115 metric transparent
PE_Ostrava(config-router-af)# network 172.16.0.0
PE_Ostrava(config-router-af)# no auto-summary

PE_Brno(config)# router rip
PE_Brno(config-router)# version 2
PE_Brno(config-router)# no auto-summary
PE_Brno(config-router)# address-family ipv4 vrf vpn_bank
PE_Brno(config-router-af)# redistribute bgp 115 metric transparent
PE_Brno(config-router-af)# network 172.16.0.0
PE_Brno(config-router-af)# no auto-summary
```

Na CE směrovačích nakonfigurujte směrovací protokol RIP verze 2, který bude šířit informace o síti 172.16.0.0/16.

Úkol 6: Ověření funkčnosti sítě MPLS a BGP

Pro ověření správnosti konfigurace směrovacích protokolů a redistribuce si můžete zobrazit směrovací tabulku, která je spojena s konkrétním VRF, příkazem **show ip route vrf „vrf-název“**.

(Ukázka výpisu ze směrovače PE_Praha)

```
PE_Praha# show ip route vrf vpn_bank
Codes: C – connected, S – static, R – RIP, M – mobile, B – BGP
       D – EIGRP, EX – EIGRP external, O – OSPF, IA – OSPF inter area
       N1 – OSPF NSSA external type 1, N2 – OSPF NSSA external type 2
       E1 – OSPF external type 1, E2 – OSPF external type 2
       i – IS-IS, su – IS-IS summary, L1 – IS-IS level-1, L2 – IS-IS level-2
       ia – IS-IS inter area, * – candidate default, U – per-user static route
       o – ODR, P – periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
B       172.16.20.0/30 [200/0] via 10.10.10.103, 00:35:37
B       172.16.21.0/24 [200/1] via 10.10.10.103, 00:00:48
```

```

B      172.16.10.0/30 [200/0] via 10.10.10.102, 00:36:20
B      172.16.11.0/24 [200/1] via 10.10.10.102, 00:03:37
C      172.16.1.0/30 is directly connected, FastEthernet0/0
R      172.16.2.0/24 [120/1] via 172.16.1.2, 00:00:10, FastEthernet0/0

```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Rovněž můžete pro ověření správnosti konfigurace použít programy ping a traceroute. Případně můžete také vyzkoušet ping z PE směrovačů. Zde je však nutné uvést, která VRF má být použita pro směrování příslušné zprávy. Použijte příkazy **ping vrf „vrf-název“ „IP-adresa“** nebo **trace vrf „vrf-název“ „IP-adresa“**.

```
PE_Praha# ping vrf vpn_zakaznik 172.16.30.1
```

```

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.30.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/42/52 ms

```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

```
PE_Praha# trace vrf vpn_zakaznik 172.16.15.1
```

```

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 172.16.15.1

  1 10.10.10.26 [MPLS: Labels 20/27 Exp 0] 24 msec 48 msec 40 msec
  2 10.10.10.2 [MPLS: Labels 20/27 Exp 0] 28 msec 44 msec 60 msec
  3 172.16.15.1 36 msec 52 msec *

```

Pozor: Výpis ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vaším výpisem.

Před testování spojení spusťte na počítačích PC1, PC2 a PC3 program **wireshark** a zapněte odchyťování provozu na rozhraních NIC.

Proveďte test spojení mezi CE směrovači a na všechny koncové sítě banky XYZ a Zakaníka. Použijte výše zmíněné programy ping a traceroute.

Byly testy spojení úspěšné? _____

Jestli ne, pokuste se vyřešit vzniklý problém během konfigurace VRF a BGP. K tomuto účelu použijte příkaz **debug ip bgp vpnv4 unicast**, který způsobí výpis informací o prefixech v adresové rodině vpnv4 předávaných pomocí protokolu BGP. Pro předání kompletních informací můžete použít příkaz **clear ip bgp ***, který způsobí násilné rozpojení relace IBGP a vyvolá tak nové navázání relace.

Pokud byly testy úspěšné, použijte oba výše zmíněné příkazy pro nové navázání relace IBGP a proveďte analýzu přenášených informací. Stručně popište, co se stalo po zadání příkazu clear ip bgp *.

Wireshark packet capture showing MPLS and ICMP traffic. The packet list shows frames 43 to 56. Frame 45 is selected, showing details of the MPLS Label (20) and MultiProtocol Label Switching Header (Label: 28, Exp: 0, S: 1, TTL: 254). The packet bytes pane shows the raw data of the selected frame.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
43	36.785748	10.10.10.2	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
44	37.227289	10.10.10.2	224.0.0.2	LDP	Hello Message
45	39.173161	172.16.1.2	172.16.11.1	ICMP	Echo (ping) request
46	39.197888	172.16.11.1	172.16.1.2	ICMP	Echo (ping) reply
47	39.237175	172.16.1.2	172.16.11.1	ICMP	Echo (ping) request
48	39.239225	ca:07:0c:33:00:38	ca:07:0c:33:00:38	LOOP	Reply
49	39.271957	172.16.11.1	172.16.1.2	ICMP	Echo (ping) reply
50	39.296534	172.16.1.2	172.16.11.1	ICMP	Echo (ping) request
51	39.319170	172.16.11.1	172.16.1.2	ICMP	Echo (ping) reply
52	39.332231	172.16.1.2	172.16.11.1	ICMP	Echo (ping) request
53	39.358654	172.16.11.1	172.16.1.2	ICMP	Echo (ping) reply
54	39.377332	172.16.1.2	172.16.11.1	ICMP	Echo (ping) request
55	39.407795	172.16.11.1	172.16.1.2	ICMP	Echo (ping) reply
56	40.191795	10.10.10.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message

Frame 45 (122 bytes on wire, 122 bytes captured)
 Ethernet II, Src: ca:06:0c:33:00:38 (ca:06:0c:33:00:38), Dst: ca:07:0c:33:00:38 (ca:07:0c:33:00:38)
 MultiProtocol Label Switching Header, Label: 20, Exp: 0, S: 0, TTL: 253
 MPLS Label: 20
 MPLS Experimental Bits: 0
 MPLS Bottom Of Label Stack: 0
 MPLS TTL: 253
 MultiProtocol Label Switching Header, Label: 28, Exp: 0, S: 1, TTL: 254
 MPLS Label: 28
 MPLS Experimental Bits: 0
 MPLS Bottom Of Label Stack: 1
 MPLS TTL: 254
 Internet Protocol, Src: 172.16.1.2 (172.16.1.2), Dst: 172.16.11.1 (172.16.11.1)
 Internet Control Message Protocol

0000 ca 07 0c 33 00 38 ca 06 0c 33 00 38 88 47 00 01 ...3.8...3.8.6...
 0010 fd 00 01 c1 fe 45 00 00 64 00 00 00 00 fe 01E..d.....
 0020 58 75 ac 10 01 02 ac 10 0b 01 08 00 c0 1d 00 00 Xu.....
 0030 00 00 00 00 00 00 00 58 bd d4 ab cd ab cd ab cdX.....

MPLS Label (mpls.label), 3 bytes Packets: 62 Displayed: 62 Marked: 0 Profile: Default

Znovu si zobrazte LFIB tabulku, distribuované síť pomocí MP-BGP a tabulku protokolu BGP ve formátu se vstupními a výstupními značkami (*show mpls forwarding-table*, *show ip bgp vpnv4 all*, *show bgp vpnv4 unicast all labels*). Všimněte si, že se tabulky rozšířily o informace související s koncovými sítěmi banky XYZ a Zákazníka (mohlo dojít i ke změně použitých značek).


```
PE_Praha# show mpls forwarding-table
```

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes tag Switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop tag	10.10.10.0/29	0	Se0/0/0	point2point
17	Pop tag	10.10.10.8/29	0	Se0/0/0	point2point
18	16	10.10.10.16/29	0	Se0/0/0	point2point
19	17	10.10.10.28/30	0	Se0/0/0	point2point
20	18	10.10.10.32/30	0	Se0/0/0	point2point
21	20	10.10.10.102/32	0	Se0/0/0	point2point
22	21	10.10.10.103/32	0	Se0/0/0	point2point
23	Pop tag	10.10.10.104/32	0	Se0/0/0	point2point
24	22	10.10.10.105/32	0	Se0/0/0	point2point
25	23	10.10.10.106/32	0	Se0/0/0	point2point
26	Aggregate	172.16.1.0/30[V]	570		
27	Aggregate	172.16.1.0/24[V]	1644		
28	Untagged	172.16.2.0/24[V]	0	Fa0/0	172.16.1.2

```
PE_Praha# show ip bgp vpnv4 all
```

```
BGP table version is 9, local router ID is 10.10.10.101
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i – internal,  
r RIB-failure, S stále
```

```
Origin codes: i – IGP, e – RGP, ? - incomplete
```

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
Route Distinguisher: 115:43 (default for vrf vpn_banku)					
*> 172.16.1.0/30	0.0.0.0	0		32768	?
*> 172.16.2.0/24	172.16.1.2	1		32768	?
*>i172.16.10.0/30	10.10.10.102	0	100	0	?
*>i172.16.11.0/24	10.10.10.102	1	100	0	?
*>i172.16.20.0/30	10.10.10.103	0	100	0	?
*>i172.16.21.0/24	10.10.10.103	1	100	0	?
Route Distinguisher: 115:53 (default for vrf vpn_zakaznik)					
*> 172.16.1.0/24	0.0.0.0	0		32768	?
*>i172.16.15.0/24	10.10.10.102	0	100	0	?
*>i172.16.30.0/24	10.10.10.103	0	100	0	?

```
PE_Praha# show bgp vpnv4 unicast all labels
```

```
Network Next Hop In label/Out label
```

```
Router Distinguisher: 115:43 (vpn_banku)
```

172.16.1.0/30	0.0.0.0	26/aggregate(vpn_banku)
172.16.2.0/24	172.16.1.2	28/nolabel
172.16.10.0/30	10.10.10.102	nolabel/26
172.16.11.0/24	10.10.10.102	nolabel/28
172.16.20.0/30	10.10.10.103	nolabel/26
172.16.21.0/24	10.10.10.103	nolabel/28

```
Router Distinguisher: 115:53 (vpn_zakaznik)
```

172.16.1.0/24	0.0.0.0	27/aggregate(vpn_zakaznik)
172.16.15.0/24	10.10.10.102	nolabel/27
172.16.30.0/24	10.10.10.103	nolabel/27

Pozor: Výpisy ze směrovače PE_Praha se nemusí shodovat s vašimi výpisy.

Úkol 7: Úklid pracoviště

Uklidte pracoviště.

Příloha – konfigurace směrovačů

CE_Praha

```
!  
upgrade fpd auto  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname CE_Praha  
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!  
logging message-counter syslog  
!  
no aaa new-model  
ip source-route  
ip cef  
!  
no ipv6 cef  
!  
multilink bundle-name authenticated  
!  
archive  
  log config  
  hidekeys  
!  
interface Loopback1  
  ip address 172.16.2.1 255.255.255.0  
!  
interface FastEthernet0/0  
  no ip address  
  shutdown  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1  
  ip address 172.16.1.2 255.255.255.252  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface Serial0/0/0  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface Serial0/0/1  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface BRI0/1/0  
  no ip address  
  encapsulation hdlc  
  shutdown  
!  
router rip  
  version 2  
  network 172.16.0.0  
  no auto-summary
```

```
!  
ip forward-protocol nd  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!  
logging alarm informational  
!  
control-plane  
!  
gatekeeper  
  shutdown  
!  
line con 0  
  stopbits 1  
line aux 0  
  stopbits 1  
line vty 0 4  
  login  
!  
end
```

PE_Praha

```
!  
upgrade fpd auto  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname PE_Praha  
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!  
logging message-counter syslog  
!  
no aaa new-model  
ip source-route  
ip cef  
!  
ip vrf vpn_banku  
  rd 115:43  
  route-target export 115:43  
  route-target import 115:43  
!  
ip vrf vpn_zakaznik  
  rd 115:53  
  route-target export 115:53  
  route-target import 115:53  
!  
no ipv6 cef  
!  
multilink bundle-name authenticated  
!  
archive  
  log config  
  hidekeys  
!  
interface Loopback0  
  ip address 10.10.10.101 255.255.255.255  
!  
interface Loopback1  
  ip vrf forwarding vpn_zakaznik
```

```
ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0
ip vrf forwarding vpn_banku
ip address 172.16.1.1 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
shutdown
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/0/0
ip address 10.10.10.25 255.255.255.252
mpls ip
no fair-queue
clock rate 64000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface BRI0/1/0
no ip address
encapsulation hdlc
shutdown
!
interface Serial0/2/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
!
router rip
version 2
no auto-summary
!
address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
redistribute bgp 115 metric transparent
network 172.16.0.0
no auto-summary
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_banku
redistribute bgp 115 metric transparent
network 172.16.0.0
no auto-summary
exit-address-family
!
router bgp 115
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
network 10.10.10.101 mask 255.255.255.255
```

```
neighbor 10.10.10.102 remote-as 115
neighbor 10.10.10.102 update-source Loopback0
neighbor 10.10.10.103 remote-as 115
neighbor 10.10.10.103 update-source Loopback0
no auto-summary
!
address-family vpnv4
neighbor 10.10.10.102 activate
neighbor 10.10.10.102 send-community both
neighbor 10.10.10.102 next-hop-self
neighbor 10.10.10.103 activate
neighbor 10.10.10.103 send-community both
neighbor 10.10.10.103 next-hop-self
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_banku
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
end
```

P1

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname P1
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
```

```
ip source-route
ip cef
!
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
archive
  log config
  hidekeys
!
interface Loopback0
  ip address 10.10.10.104 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
  ip address 10.10.10.1 255.255.255.248
  duplex auto
  speed auto
  mpls ip
!
interface FastEthernet0/1
  ip address 10.10.10.9 255.255.255.248
  duplex auto
  speed auto
  mpls ip
!
interface Serial0/0/0
  ip address 10.10.10.26 255.255.255.252
  mpls ip
  no fair-queue
!
interface Serial0/0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 125000
!
interface BRI0/1/0
  no ip address
  encapsulation hdlc
  shutdown
!
interface wlan-controller1/0
  no ip address
  shutdown
!
router ospf 1
  log-adjacency-changes
  network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
  shutdown
!
line con 0
  stopbits 1
line aux 0
  stopbits 1
```

```
line vty 0 4
 login
 !
end
```

CE_Ostrava

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname CE_Ostrava
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
ip source-route
ip cef
!
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
archive
 log config
  hidekeys
!
interface Loopback1
 ip address 172.16.11.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 172.16.10.2 255.255.255.252
 duplex auto
 speed auto
!
interface FastEthernet0/1
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/0/0
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
!
interface Serial0/0/1
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
!
interface BRI0/1/0
 no ip address
 encapsulation hdlc
 shutdown
!
interface Serial0/2/0
 no ip address
```



```
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
router rip
version 2
network 172.16.0.0
no auto-summary
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
end
```

PE_Ostrava

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname PE_Ostrava
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
ip source-route
ip cef
!
ip vrf vpn_banku
rd 115:43
route-target export 115:43
route-target import 115:43
!
ip vrf vpn_zakaznik
rd 115:53
route-target export 115:53
route-target import 115:53
!
no ipv6 cef
```

```
!
multilink bundle-name authenticated
!
archive
  log config
  hidekeys
!
interface Loopback0
  ip address 10.10.10.102 255.255.255.255
!
interface Loopback1
  ip vrf forwarding vpn_zakaznik
  ip address 172.16.15.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0
  ip vrf forwarding vpn_banku
  ip address 172.16.10.1 255.255.255.252
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet0/1
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
!
interface Serial0/0/0
  ip address 10.10.10.29 255.255.255.252
  mpls ip
  no fair-queue
  clock rate 64000
!
interface Serial0/0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
!
interface BRI0/1/0
  no ip address
  encapsulation hdlc
  shutdown
!
router ospf 1
  log-adjacency-changes
  network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
!
router rip
  version 2
  !
  address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
    redistribute bgp 115 metric transparent
    network 172.16.0.0
    no auto-summary
  exit-address-family
  !
  address-family ipv4 vrf vpn_banku
    redistribute bgp 115 metric transparent
    network 172.16.0.0
    no auto-summary
  exit-address-family
  !
router bgp 115
  no synchronization
  bgp log-neighbor-changes
```

```
network 10.10.10.102 mask 255.255.255.255
neighbor 10.10.10.101 remote-as 115
neighbor 10.10.10.101 update-source Loopback0
neighbor 10.10.10.103 remote-as 115
neighbor 10.10.10.103 update-source Loopback0
no auto-summary
!
address-family vpnv4
neighbor 10.10.10.101 activate
neighbor 10.10.10.101 send-community both
neighbor 10.10.10.101 next-hop-self
neighbor 10.10.10.103 activate
neighbor 10.10.10.103 send-community both
neighbor 10.10.10.103 next-hop-self
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_banku
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
exec-timeout 0 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
end
```

P2

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname P2
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
```

```
!  
no aaa new-model  
ip source-route  
ip cef  
!  
no ipv6 cef  
!  
multilink bundle-name authenticated  
!  
archive  
  log config  
  hidekeys  
!  
interface Loopback0  
  ip address 10.10.10.105 255.255.255.255  
!  
interface Serial0/0/0  
  ip address 10.10.10.30 255.255.255.252  
  mpls ip  
  no fair-queue  
!  
interface Serial0/0/1  
  no ip address  
  shutdown  
  clock rate 2000000  
!  
interface wlan-controller1/0  
  no ip address  
  shutdown  
!  
interface Vlan1  
  no ip address  
!  
interface FastEthernet0/0  
  ip address 10.10.10.2 255.255.255.248  
  duplex auto  
  speed auto  
  mpls ip  
!  
interface FastEthernet0/1  
  ip address 10.10.10.17 255.255.255.248  
  duplex auto  
  speed auto  
  mpls ip  
!  
interface FastEthernet0/1/0  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/1  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/2  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/3  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto
```

```
!  
router ospf 1  
  log-adjacency-changes  
  network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0  
!  
ip forward-protocol nd  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!  
logging alarm informational  
!  
control-plane  
!  
gatekeeper  
  shutdown  
!  
line con 0  
  stopbits 1  
line aux 0  
  stopbits 1  
line vty 0 4  
  login  
!  
end
```

CE_Brno

```
!  
upgrade fpd auto  
version 12.4  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
no service password-encryption  
!  
hostname CE_Brno  
!  
boot-start-marker  
boot-end-marker  
!  
logging message-counter syslog  
!  
no aaa new-model  
ip source-route  
ip cef  
!  
no ipv6 cef  
!  
multilink bundle-name authenticated  
!  
archive  
  log config  
  hidekeys  
!  
interface Loopback1  
  ip address 172.16.21.1 255.255.255.0  
!  
interface FastEthernet0/0  
  ip address 172.16.20.2 255.255.255.252  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1  
  no ip address  
  shutdown
```

```
duplex auto
speed auto
!
interface Serial0/0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface BRI0/1/0
no ip address
encapsulation hdlc
shutdown
!
interface Serial0/2/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/2/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
router rip
version 2
network 172.16.0.0
no auto-summary
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
login
!
end
```

PE_Brno

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname PE_Brno
!
```

```
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
ip source-route
ip cef
!
ip vrf vpn_bank
  rd 115:43
  route-target export 115:43
  route-target import 115:43
!
ip vrf vpn_zakaznik
  rd 115:53
  route-target export 115:53
  route-target import 115:53
!
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
archive
  log config
  hidekeys
!
interface Loopback0
  ip address 10.10.10.103 255.255.255.255
!
interface Loopback1
  ip vrf forwarding vpn_zakaznik
  ip address 172.16.30.1 255.255.255.0
!
interface FastEthernet0/0
  ip vrf forwarding vpn_bank
  ip address 172.16.20.1 255.255.255.252
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet0/1
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
!
interface Serial0/0/0
  ip address 10.10.10.34 255.255.255.252
  mpls ip
  no fair-queue
  clock rate 64000
!
interface Serial0/0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
!
interface BRI0/1/0
  no ip address
  encapsulation hdlc
  shutdown
!
router ospf 1
  log-adjacency-changes
```



```
network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
!
router rip
version 2
no auto-summary
!
address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
redistribute bgp 115 metric transparent
network 172.16.0.0
no auto-summary
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_banku
redistribute bgp 115 metric transparent
network 172.16.0.0
no auto-summary
exit-address-family
!
router bgp 115
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
network 10.10.10.103 mask 255.255.255.255
neighbor 10.10.10.101 remote-as 115
neighbor 10.10.10.101 update-source Loopback0
neighbor 10.10.10.102 remote-as 115
neighbor 10.10.10.102 update-source Loopback0
no auto-summary
!
address-family vpnv4
neighbor 10.10.10.101 activate
neighbor 10.10.10.101 send-community both
neighbor 10.10.10.101 next-hop-self
neighbor 10.10.10.102 activate
neighbor 10.10.10.102 send-community both
neighbor 10.10.10.102 next-hop-self
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_zakaznik
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf vpn_banku
redistribute connected
redistribute rip
no synchronization
exit-address-family
!
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
!
logging alarm informational
!
control-plane
!
gatekeeper
shutdown
!
line con 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
```

```
line vty 0 4
 login
 !
end
```

P3

```
!
upgrade fpd auto
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname P3
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
ip source-route
ip cef
!
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
archive
 log config
  hidekeys
!
interface Loopback0
 ip address 10.10.10.106 255.255.255.255
!
interface Serial0/0/0
 ip address 10.10.10.33 255.255.255.252
 mpls ip
 no fair-queue
!
interface Serial0/0/1
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
!
interface wlan-controller1/0
 no ip address
 shutdown
!
interface Vlan1
 no ip address
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 10.10.10.10 255.255.255.248
 duplex auto
 speed auto
 mpls ip
!
interface FastEthernet0/1
 ip address 10.10.10.18 255.255.255.248
 duplex auto
 speed auto
 mpls ip
```

```
!  
interface FastEthernet0/1/0  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/1  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/2  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet0/1/3  
  no ip address  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
router ospf 1  
  log-adjacency-changes  
  network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0  
!  
ip forward-protocol nd  
no ip http server  
no ip http secure-server  
!  
logging alarm informational  
!  
control-plane  
!  
gatekeeper  
  shutdown  
!  
line con 0  
  stopbits 1  
line aux 0  
  stopbits 1  
line vty 0 4  
  login  
!  
end
```