

UPRAVLJANJE PROTOKOM PODATAKA PUTEM MPLS-A

Sebastijan Havrlišan¹, Valter Perinović², Dubravko Žigman²

¹SMART NET d.o.o

²Tehničko Veleučilište u Zagrebu

Sažetak

MPLS (engl. Multi-Protocol Label Switching) je u samo nekoliko godina evoluirao iz egzotične tehnologije u glavni alat koji koriste Internet pružatelji usluga. S vremenom polako počinje pronalaziti svoju primjenu i izvan okruženja pružatelja usluga te se u današnje vrijeme sve više pronalazi u mrežama velikih poduzeća. Razlog njegove velike popularnosti prvenstveno leži u razvoju velikog broja MPLS aplikacija koje se nastavljaju razvijati i danas. Zahvaljujući spomenutim aplikacijama, MPLS se može koristiti za izolaciju korisničkog prometa od ostatka mreže, za emulaciju starijih tehnologija iznajmljenih vodova, upravljanje prometnim tokovima sa malim vremenom oporavka sustava koji se mjeri u desecima milisekundi. Kako je upravljanje protokom podataka vrlo izazovan proces za mrežne inženjere, nastavak teksta biti će usmjeren na opise problemakoje su riješene putem MPLS u odnosu na tradicionalno usmjeravanje podataka. Uz navedeno priloženi su i primjeri sa pojašnjenjima konfiguracija koje su namijenjene za ciscousmjernike.

Ključne riječi: MPLS, RSVP, OSPF, IS-IS, LSP

Abstract

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) in only few years evolved from an exotic technology in the main tool used by ISP (Internet Service Provider). First technology is used by ISP, but during the time MPLS find his way into large enterprise networks. Mainly reason why MPLS is popular plays in the fact that during the time many MPLS applications are developed. Applications are used to isolate the user traffic from the rest of the network, for emulation of older leased lines technologies, for managing traffic flows etc. Managing data flows is very challenging task for network engineers. This text will focus on the problems that can be resolved through MPLS over traditional routing.

In addition this text contains explanations and examples of configurations for Cisco routers.

Key words: MPLS, RSVP, OSPF, IS-IS, LSP

Uvod

Upravljanje protocima podataka u tradicionalnim IP mrežama sve do pojave MPLS TE (engl. MPLS Traffic Engineering) je predstavljalo ozbiljan izazov jer postojeći alati nisu bili specijalizirani za predviđene funkcionalnosti. Mogućnosti su bile prilično ograničene jer se je sve svodilo na promjene metrike usmjerničkih protokola, te na PBR (engl. Policy Based Routing) koji je kao posljedicu imao znatnu konfiguraciju uređaja koja je s vremenom te dodavanjem raznih pravila postajala sve kompleksnija te samim time sve problematičnija za dokumentiranje i održavanje. Kako postojeći protokoli i mogućnosti upravljanja protocima podataka nisu zadovoljavale sve veće zahtjeve koje su se postavljale pred mrežnu opremu, predložene su i kasnije usvojene nadogradnje na postojeće usmjerničke protokole OSPF (engl. Open Shortest Path First) i IS-IS (eng. Intermediate System to Intermediate System) koje su opisane u RFC-u (eng. Request For Comment) 2702 [1]. Osim navedenih nadogradnji izvršena je i prilagodna do tada već pomalo zaboravljenog RSVP (eng. Resource Reservation Protocol) protokola opisane u RFC-u 3209 [2]. Glavni motiv uvođenja MPLS TE-a je naravno smanjenje troškova u vidu bolje iskorištenosti nedovoljno utiliziranih veza, te definiranja specifičnih puteva za klase prometa koje zahtijevaju što manju latenciju i varijaciju kašnjenja.

1. Tehnička izvedba MPLS TE-a

Prije implementacije MPLS TE-a poželjno je da već postoji prekonfigurirana IP/MPLS

```

❑ Frame 3: 306 bytes on wire (2448 bits), 306 bytes captured (2448 bits)
❑ Ethernet II, Src: Cisco_9d:94:01 (00:90:92:9d:94:01), Dst: Cisco_c3:b8:47 (00:d0:63:c3:b8:47)
❑ Internet Protocol Version 4, Src: 17.3.3.3 (17.3.3.3), Dst: 16.2.2.2 (16.2.2.2)
❑ Resource Reservation Protocol (RSVP): PATH Message. SESSION: IPv4-LSP, Destination 16.2.2.2, Tunnel ID 1
❑ RSVP Header. PATH Message.
❑ SESSION: IPv4-LSP, Destination 16.2.2.2, Tunnel ID 1, Ext ID 11030303.
❑ HOP: IPv4, 210.0.0.1
❑ TIME VALUES: 30000 ms
❑ EXPLICIT ROUTE: IPv4 210.0.0.2, IPv4 204.0.0.1, IPv4 207.0.0.1, ...
  Length: 60
  Object class: EXPLICIT ROUTE object (20)
  C-type: 1
  ❑ IPv4 Subobject - 210.0.0.2, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 204.0.0.1, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 207.0.0.1, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 202.0.0.1, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 201.0.0.1, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 200.0.0.1, Strict
  ❑ IPv4 Subobject - 16.2.2.2, Strict
❑ LABEL REQUEST: Basic: L3PID: IP (0x0800)
  Length: 8
  Object class: LABEL REQUEST object (19)
  C-type: 1
  L3PID: IP (0x0800)
❑ SESSION ATTRIBUTE: SetupPrio 0, HoldPrio 0, SE Style, [sys17-3_t1]
❑ SENDER TEMPLATE: IPv4-LSP, Tunnel Source: 17.3.3.3, LSP ID: 1.
❑ SENDER TSPEC: IntServ, Token Bucket, 625000 bytes/sec.
❑ ADSPEC

```

Slika 1: Prikaz RSVP paketa i njegovih objekata

mreža koja koristi u OSPF ili IS-IS usmjernički protokol za razmjenu informacija o postojećim mrežama. Kako je već ranije spomenuto, navedeni protokoli su modificirani na način da su uvedene dodatni tipovi iskaznica za OSPF odnosno dodatna TLV (engl. Type Length Value) polja za IS-IS protokol u kojemu su pohranjene informacije poput rezervirane, maksimalne i preostale propusnosti određenog linka, metrike unutar MPLS TE-a, klase, itd.

Kako je još bilo potrebno imati signalizacijski mehanizam u samom startu su razmatrana dva prijedloga. RSVP [3] je bio prvi prijedlog te su se tvrtke poput Cisca i Junipera zalagale za njega, dok tvrtke poput Ericssona i Nortela su se zalagale za CR-LDP [4] protokol. RSVP se je nametno kao logičan izbor jer se već dugo vremena koristi u ranim VoIP implementacijama te za DiffServ model QoS-a (engl. Quality of Service). Protokol je proširen na način da je omogućio kreiranje i održavanje LSP-a (eng. Label Switch Path) duž eksplicitno definirane putanje te rezervaciju i kontrolu resursa prilikom kreiranja putanje. Uz navedeno protokol je proširiv sa definicijama novih objekata koji se mogu koristiti. Neki od novih objekata koji su dodani su: LABEL_REQUEST, LABEL_RECORD_ROUTE, EXPLICIT_ROUTE, SESSION_ATTRIBUTE, itd. Objekti su opisani u RFC-u 2205 [3] te su neki od njih obavezni poput LABEL i LABEL_REQUEST objekta, dok su ostali opcionalni. Slika 1 prikazuje sadržaj jednog RSVP paketa analiziran sa Wireshark programskim alatom.

2. Uspostava LSP-a

Uspostava LSP tunela je inicirana od strane izvorišnog usmjernika, na kojem je definirana određena adresa tunela te oznaka tunela i proširena tunnelska oznaka koja je najčešće lokalna adresa izvorišnog usmjernika. RSVP komponenta izvorišnog usmjernika će signalizirati PATH poruku prema određinom uređaju. PATH poruka može sadržavati razne kontrolne informacije koje identificiraju kreiranje putanje zajedno sa informacijama o rezervaciji resursa potrebnih za samu putanju. Svaki usmjernik koji se nalazi na put do određnog uređaja provjerava PATH poruku, provjerava kontrolne informacije iz nje, snima stanje puta povezanog sa trenutnom sesijom te se izdvajaju zatraženi resursi specificirani od strane izvorišnog usmjernika. Kada poruka dođe do određnog uređaja, poruka se vraća natrag u obrnutom smjeru te kada dođe do izvorišnog uređaja LSP putanja je kreirana. Rezervacija propusnosti na svakom uređaju se smatra da je u takozvanom „soft“ stanju, odnosno potrebno je periodičko osvježavanje istog putem RESV i PATH poruka. U slučaju da dođe do greške na bilo kojem od usmjernika, informacija o greški se propagira kroz cijelu putanju te se uklanjaju rezervacije propusnosti. [5]

3. Primjer konfiguracije MPLS TE tunela

Nastavak teksta objašnjava u nekoliko koraka implementaciju MPLS TE-a na cisco usmjernicima. Konfiguracija će se ponešto razlikovati ovisno o verziju softverske podrške

koje se nalazi na usmjernicima te o tipu sučelja koji će se koristiti. Konfiguracija će se temeljiti na pretpostavci da već postoji funkcionalna MPLS mreža te će navedena konfiguracija predstavljati samo nadogradnju na postojeće funkcionalnosti. [6]

1. Korak – Konfiguracija Loopback sučelja

Tunel je određen sa nekoliko parametara. Jedan od njih je i izvorišna IP adresa koja će u kasnijoj konfiguraciji biti preuzeta od loopback sučelja. Na ovaj način možemo istu IP adresu koristiti kako izvorišnu na više tunela ili možemo kreirati više loopback sučelja pa za svaki od tunela koristiti posebnu IP adresu. [6]

```
PE(config)#interface loopback 0
PE(config-if)# ip address 10.10.10.1
255.255.255.255
```

2. Korak – Aktivacije TE-a na cijelom uređaju te na sučeljima

TE je potrebno prvo aktivirati na globalnoj razini (1), te ga je nakon toga potrebno aktivirati i na svakom od sučelja koje će biti korišteno za MPLS TE funkcionalnost. Pretpostavka je da je MPLS TE funkcionalnost aktivirana i u konfiguraciji usmjerničkog protokola kako bi isti mogao primati i slati dodatne informacije o stanju linkova. [6]

```
PE(config)#mpls traffic-eng tunnels (1)
PE(config)#interface GigabitEthernet
1/0 (2)
PE(config-if)#mpls traffic-eng tunnels
(3)
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 2/0
PE(config-if)#mpls traffic-eng tunnels
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 3/0
PE(config-if)#mpls traffic-eng tunnels
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 4/0
PE(config-if)#mpls traffic-eng tunnels
```

3. Korak – Konfiguracija RSVP parametara

Na svim sučeljima na kojima je aktivirana MPLS TE funkcionalnost, potrebno je još uključiti i RSVP funkcionalnost sa definiranim maksimalnim vrijednostima rezervirane propusnosti. U navedenom slučaju, maksimalna rezerviranja vrijednost je 1Mbps koja je jednaka maksimalnoj verziji rezervacije po jednom toku

podataka. [6]

```
PE(config)#interface GigabitEthernet
1/0
PE(config-if)# ip rsvp bandwidth
1024 1024 (1)
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 2/0
PE(config-if)# ip rsvp bandwidth
1024 1024
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 3/0
PE(config-if)# ip rsvp bandwidth
1024 1024
PE(config-if)#interface
GigabitEthernet 4/0
PE(config-if)# ip rsvp bandwidth
1024 1024
```

4. Korak – Konfiguracija tunel sučelja

Kao odredišna adresa je odabrano loopback sučelje odredišnog usmjernika (1). Pri konfiguraciju tunela nužni su parametri poput prioriteta podizanja i održavanja tunela (2), rezervirane propusnosti (3) te odabira putanje. Putanja može biti dinamički određena kako je navedeno u ovom primjeru (4) ili može biti eksplicitno definirana na „korak po korak“ način. Pri dinamičkom određivanju putanje IGP (engl. Interior Gateway Protocol) određuje najbolju putanju na osnovu CSPF (eng. Constrained Shortest Path First) kalkulacije. [6]

```
PE(config)#interface Tunnel0
PE(config-if)# ip unnumbered
Loopback0
PE(config-if)# tunnel destination
10.10.10.2 (1)
PE(config-if)# tunnel mode mpls
traffic-eng
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng priority 1 1 (2)
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng bandwidth 1000 (3)
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng path-option 1 dynamic (4)
```

5. Korak – Oglašavanje tunela

Nakon što je tunel kreiran i nakon što je postao aktivan, potrebno je promet preusmjeriti kroz njega. Nekoliko je mogućnosti, od statičkog usmjeravanja, usmjeravanja na osnovu raznih pravila te na kraju korištenjem posebne

funkcionalnosti koja će oglašiti rutu u IGP (1). [6]

```
PE(config)#interface Tunnel0
PE(config-if)#tunnel mpls traffic-eng
autoroute announce (1)
```

6. Korak – Eksplicitna putanja

Osim dinamičkog određivanja puta protoka podataka, najčešće se koristi barem jedna eksplicitna putanja. Na taj način se točno određuje kojim putevima će promet biti preusmjeren (2). [6]

```
PE(config)#interface Tunnel1
PE(config-if)# ip unnumbered
Loopback0
PE(config-if)# tunnel destination
10.10.10.103
PE(config-if)# tunnel mode mpls
traffic-eng
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng priority 2 2
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng bandwidth 100
PE(config-if)# tunnel mpls traffic-
eng path-option 1 explicit name LSP
(1)
```

7. Korak – Definiranje eksplicitne putanje

Kod korištenja eksplicitne putanje osim konfiguracije samog tunela, potrebno je definirati i točan popis usmjernika kroz koje promet treba biti preusmjeren. U navedenom slučaju promet će putovati kroz usmjernike 10.10.10.10, 10.10.10.20 i na kraju završiti na usmjerniku 10.10.10.2. [6]

```
PE(config)#ip explicit-path name LSP
(1)
PE(cfg-ip-expl-path)#next-address
10.10.10.10
```

```
Explicit Path name LSP1:
1: next-address 10.10.10.10
PE(cfg-ip-expl-path)#next-address
10.10.10.20
Explicit Path name LSP1:
1: next-address 10.10.10.10
2: next-address 10.10.10.20
PE(cfg-ip-expl-path)#next-address
10.10.10.2
Explicit Path name LSP1:
1: next-address 10.10.10.10
2: next-address 10.10.10.20
3: next-address 10.10.10.2
```

4. Zaključak

MPLS TE predstavlja nevjerojatno moćan alat koji je omogućio mrežnim inženjerima usmjeravanje tokova prometa ovisno o tipu prometa, QoS (engl. Quality Of Service) parametrima, izvorišnoj i odredišnoj IP adresi i mnogim drugima. Zahvaljujući tome mnogi rezervni linkovi koji do sada nisu bili ili su slabo bili korišteni, mogu se selektivno iskoristiti za prijenos prometnih tokova. Samim time znatno se smanjuju operativni troškovi mreže jer se prijenosne veze mogu puno bolje iskoristiti. Kako se svakodnevno pojavljuje sve više funkcionalnosti na usmjernicima, pojavile su se funkcionalnosti poput automatskih tunela koje usmjernici automatski kreiraju kako bi zaštitili prometne tokove od ispada linka ili susjednog usmjernika. Još jedna od funkcionalnosti je automatska raspodjela propusnosti, gdje usmjernik ciklički provjerava te raspodjeljuje definirane parametre propusnosti. Kako se MPLS i sve pripadajuće aplikacije konstantno razvijaju, za očekivati je da će broj novih korisnih funkcionalnosti samo rasti, te samim time činiti MPLS jedan od najboljih alata kojeg danas pružatelji usluga imaju na raspolaganju.

5. Reference

- [1] Requirements for TrafficEngineeringOver MPLS, s Interneta: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2702.txt>, 11.lipanj, 2014.
- [2] RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels, s Interneta: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3209.txt>, 11.lipanj, 2014.
- [3] ResourceReSerVationProtocol (RSVP), s Interneta: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt>, 11.lipanj, 2014.
- [4] LSP ModificationUsing CR-LDP, s Interneta: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3214.txt>, 11.lipanj, 2014.
- [5] Configuring MPLS RSVP TE, s Interneta: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/sw/5_x/nx-os/mpls/configuration/guide/mpls_cg/mp_te_RSVP.pdf, 11.lipanj, 2014.
- [6] MPLS TrafficEngineering, s Interneta: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=426640&seqNum=4>, 11.lipanj, 2014.

AUTORI



Valter Perinović

Valter Perinović rođen je u Zadru gdje je završio osnovnu i srednju školu. Studij Kineziološkog fakulteta završava 1987. godine. Bio je višegodišnji juniorski i seniorski reprezentativac te prvak bivše države u atletici u skoku motkom, sprintu i štafeti 4×100 m. Od 2004. živi u Zagrebu a od 2009. godine

uposlen na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu u svojstvu predavača, mag. kineziologije. U svojoj međunarodnoj trenerskoj karijeri ostvario je veliki svjetski uspjeh, ponajviše kao kondicijski trener velikih svjetskih i europskih pojedinaca i nacionalnih timova i ima osvojenih 20 odličja s europskih i svjetskih prvenstava te svjetskih kupova i olimpijskih natjecanja. Kao predavač sudjelovao je na 7 domaćih i međunarodnih stručnih skupova.

Mr. sc. Dubravko Žigman - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 2, No. 1, 2014.