

Poređenje vremena konvergencije IS-IS i OSPF ruting protokola

P. Obradović

Sadržaj — Rad se bavim analizom vremena konvergencije IS-IS i OSPF link-state ruting protokola koji se uglavnom porede u kontekstu velikih servis provajder mreža. U radu će biti prikazani rezultati testova u kontrolisanim uslovima i jednostavnom topologijom sa 5, 400, 800, 1600 i 3200 ruta u mreži za osnovnu (default) konfiguraciju kao i za optimizovanu konfiguraciju. Iako kao link-state protokoli imaju dosta sličnih osobina, IS-IS se i dalje smatra protokolom koji je pogodniji za velike servis provajder mreže. Rad se fokusira isključivo na vremena konvergencije koja se mogu očekivati od ova dva ruting protokola i kako se ta vremena menjaju u odnosu na broj ruta u sistemu.

Ključne reči — IS-IS, OSPF, vreme konvergencije

I. UVOD

Kada se govori o optimizaciji konfiguracije ruting protokola glavna karakteristika koja se uglavnom želi poboljšati je vreme konvergencije mreže. Vreme konvergencije predstavlja vreme potrebno da se FIB tabele rutera sinhronizuju nakon promene topologije. Vreme konvergencije je sačinjeno od 4 glavne komponente čiji zbir predstavlja ukupno vreme konvergencije:

1. Vreme potrebno da se detektuje promena topologije
2. Vreme propagacije informacije o ovom događaju
3. Vreme izvršavanja SPF algoritma na ruterima
4. Vreme potrebno za ažuriranje RIB i FIB tabela

A. Detektovanje promene topologije

Brzo detektovanje prekida nekog linka (promene topologije) je ključno za obezbeđivanje brze konvergencije. U ovom radu i testovima koji će biti prikazani akcentat je na samom ruting protokolu i njegovoj sposobnosti da na efikasan način pronađe alternativnu putanju do odredišta u slučaju da je aktivna putanja u prekidu. Iz tog razloga nisu korišćene tehnologije koje pružaju niži slojevi (kao što su razne vrste zaštite koje postoje u SONET/SDH mrežama ili MPLS FRR (MPLS Fast Re-route)). Takođe nisu korišćene ni drugi signalizacioni protokoli kao što je BFD (Bidirectional Forwarding Detection) protokol koji funkcioniše na principu hello poruka čija je svrha brzo detektovanje prekida linka u roku od nekoliko desetina milisekundi.

Postoji nekoliko načina za brzu detekciju prekida linka. Prvi i najosnovniji se zasniva na signalizaciji promene operativnog statusa interfejsa i moguće je osloniti se na njega samo na P2P linkovima. Na Cisco platformama sa IOS softverom podrazumevano čekanje pre nego što se promena statusa interfejsa signalizira ruting protokolu je 2 sekunde. Ovo vreme je moguće promeniti (ili potpuno ukinuti) komandom `carrier-delay` u okviru konfiguracije samog interfejsa.

Drugi način za detekciju prekida na linku je korišćenje hello paketa u okviru samog ruting protokola. IS-IS (kao i OSPF) imaju podršku za fast hellos, tačnije imaju mogućnost podešavanja hello intervala na vrednosti manje od jedne sekunde. Za razliku od prethodnog metoda oslanjanja na status interfejsa, transportna mreža je za ovaj način detekcije prekida transparentna, tako da on funkcioniše na svim tehnologijama. Mana ovog metoda je povećano iskorišćenje procesora rutera, koje se povećava sa brojem uređaja u mreži kao i potencijalno zagušenje linkova velikim brojem hello paketa.

B. Vreme propagacije i obrade LSP paketa

IS-IS objavljuje promene topologije slanjem LSP paketa svim ruterima u okviru jedne zone (area—flooding domain) i vreme propagacije ovih promena može se definisati sa četiri faktora:

1. Odlaganja generisanja LSP
2. Vreme prijema LSP
3. Vreme procesiranja
4. Vreme propagacije paketa

Odlaganja generisanja LSP (LSP throttling) je vezano za tajmere koji regulišu generisanje LSP paketa (initial, hold, max_wait) radi sprečavanja nepotrebnog slanja u slučaju velikog broja promena topologije u malom vremenskom intervalu.

Ovi mehanizmi nisu definisani u IS-IS i OSPF specifikacijama pa različiti proizvođači opreme imaju drugačije implementacije ovog mehanizma; Cisco koristi algoritam sa eksponencijalnim odlaganjem (exponential backoff) dok Juniper koristi fast mode i slow mode sa različitim ali fiksnim intervalima za generisanje LSP. Inicijalno vreme odlaganja generisanja ima drastičan uticaj na brzinu konvergencije pa je želja da se ovo vreme svede na minimum. U slučaju da postoji realna mogućnost da dođe do prekida više linkova od jednom, preporučuje se da ove vrednost ne bude 0ms već nekoliko milisekundi kako bi se promene na svim linkovima mogle opisati jednim LSP-om. Takođe je bitno da se sledeći LSP pošalje tek nakon što je završena obrada prethodnog paketa. Ovo znači da bi vreme zadržavanja (T_{hold}) trebalo biti najmanje suma vremena inicijalnog odlaganja generisanja LSP-a (T_{init}), vremena propagacije (T_{prop}) i vremena procesiranja (T_{proc}) kao prikazano u Jednačini (1).

$$T_{\text{hold}} \geq T_{\text{init}} + T_{\text{prop}} + T_{\text{proc}} \quad (1)$$

Vreme procesiranja predstavlja vreme koje je potrebno da se obradi LSP i prosledi ostalim ruterima. Ovo vreme je indirektno vezano sa vremenom generisanja i posebno može biti dugačko ukoliko se LSP ne prosledi pre pokretanja SPF algoritma. Zbog vremena koje je potrebno za izvršavanje SPF algoritma ukoliko ruting protokol nije konfigurisan tako da se prvo prosleđuju LSP paketi ostalim ruterima, vreme propagacije može biti produženo. U Cisco IS-IS implementaciji, za razliku od OSPF, postoji komanda kojom se IS-IS eksplicitno konfigurise tako da bez obzira na trenutno stanje tajmer uvek prvo prosledi LSP pakete a tek onda izvrši SPF algoritam.

Vreme prijema LSP i vreme propagacije su manje značajni u realnosti, imajući u vidu da se u servis provajderima koristi oprema visoke klase, performansi i pouzdanosti (carrier grade oprema) tako da su kašnjenja zbog prijema i ulaznih redova čekanja zanemarljiva u realnim situacijama.

C. SPF izračunavanje i ažuriranje RIB i FIB tabela

Poboljšanjem tehnologije proizvodnje čipova, značaj SPF izračunavanja za vreme konvergencije je drastično smanjen. Pored ovoga delimičnim kalkulacijama — metodama kao što su PRC (Partial Route Calculation) i iSPF (Incremental SPF) — vreme izračunavanja je dodatno smanjeno. Pored svih poboljšanja, iako je uticaj višestruko smanjen, ovi procesi i dalje čine bitan udeo u vremenu konvergencije pa iako su u pitanju vremena reda veličine par desetina milisekundi optimizacija parametara vezanih za njih i dalje ima značaj. Da bi se izbegao veliki broj izračunavanja u trenucima kada je topologija nestabilna, Cisco IS-IS (kao i OSPF) implementacija koristi SPF „prigušivanje“ (SPF throttling) koji funkcioniše na principu exponential backoff algoritma.

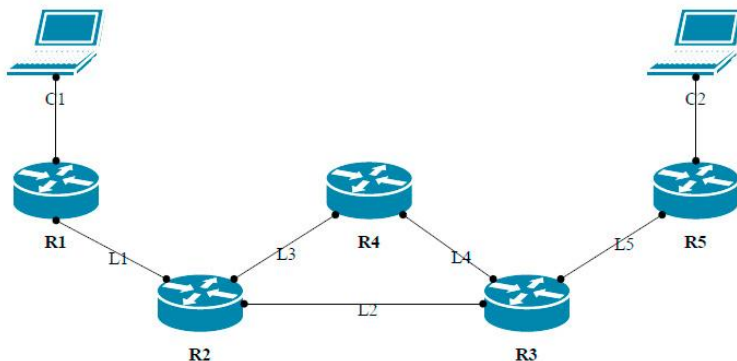
II. VREMENA KONVERGENCIJE — IS-IS I OSPF

Za merenje vremena konvergencije i njihovo poređenje kod IS-IS i OSPF link-state rutin protokola kreirana je laboratorijska mreža koja sa minimalnim brojem rutera daje mogućnost merenja vremena konvergencije. Topologija je kreirana tako da:

1. Postoji par redundantnih linkova
2. Uređaji sa koji će se meriti vreme konvergencije nisu direktno povezani na rutere koji imaju redundantne linkove
3. Su svi ruteri istih karakteristika
4. Nema razlike između linkova
5. Nema ECMP (Equal-cost multi-path) putanja do destinacije

Zbog što realnijeg prikaza i osiguravanja da ruteri ne obavljaju nikakve dodatne funkcije koje bi mogle da utiču na vreme konvergencije odlučeno da se koriste spoljašnji uređaji za merenje umesto oslanjanja na informacije dobijenih od samih rutera. Vreme konvergencije je mereno pomoću dva Linux računara (C1 i C2) koja konstantno komuniciraju i predstavljeno je kao vreme trajanja smetnje, tj. nemogućnosti komunikacije između ova dva računara. Početak prekida je veštački izazvan gašenjem linka L2 između rutera R2 i R3. Nakon što saobraćaj počne da se razmenjuje preko linkova L3 i L4 i komunikacija između računara C1 i C2 bude ponovo uspostavljena smatra se da prekid više ne postoji (kraj prekida). Vreme proteklo od početka do kraja prekida je navedeno kao vreme konvergencije. Karakteristike obavljenog testa su sledeće:

1. Svako identično merenje je ponovljeno 20 puta
2. Merenja su vršena za IS-IS i OSPF ruting protokole
3. Merenja su izvršena za podrazumevane (osnovne) konfiguracije kao i optimizovane konfiguracije, za oba ruting protokola
4. Merenja su izvršena za topologiju sa dodatnih 3200, 1600, 800, 400 ruta, kao i bez dodatnih ruta
5. Interval paketa između C1 i C2 je 10 milisekundi što je ujedno i rezolucija testa
6. Resursi računara su više nego dovoljni da za primanje i generisanje paketa u navedenom intervalu i ne predstavljaju usko grlo
7. Eventualni kratki prekidi koji nisu uzrokovani prekidom već eventualnim smetnjama na linku (prekidi reda veličine do par intervala — 20ms) nisu uzimani u obzir
8. Kao transportni protokol je korišćen UDP

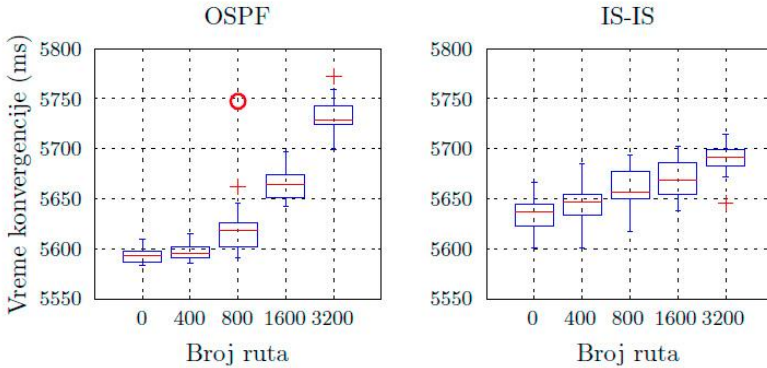


Sl. 1 — Topologija

Testiranje je obavljeno na Cisco ruterima 3725 ruterima koji u sebi imaju instaliran NM-1FE-TX mrežni modul. Cisco 3725 koristi 240MHz RISC procesor[1] i ima mogućnost prosleđivanja između 100 i 120 hiljada paketa u sekundi[2].

Osnovna (podrazumevana) konfiguracija OSPF protokola kreira OSPF proces u kome učestvuju svi fizički interfejsi i po potrebi Loopback interfejsi. Osnovna (default) konfiguracija je svedena na minimum, tačnije

konfigurisane su samo stvari koje su neophodne za rad OSPF protokola. Pored toga zbog simulacije dodatnih ruta konfigurisana je redistribucija direktno konektovanih ruta a mrežni tip Loopback interfejsa je konfigurisan kao point-to-point (P2P)[5]. Isti pristup primenjen je i na osnovnu IS-IS konfiguraciju. Testovi su ponovljeni 20 puta za konfiguraciju bez dodatnih ruta kao i po 20 puta za konfiguracije sa 400, 800, 1600 i 3200 dodatnih ruta.



S1.2 - OSPF i IS-IS — Osnovna konfiguracija

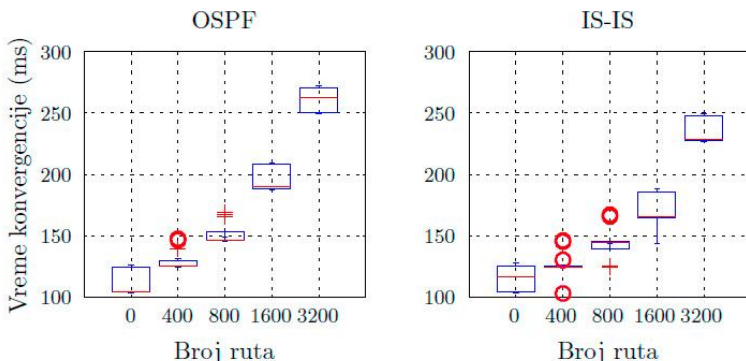
Rezultati merenja konvergencije oba protokola sadefault konfiguracijama prikazani su na S1.2, sa vremenima konvergencije (Y osa) prikazanim u ms. Kao što se primećuje iz priložene S1.2 i Tabele 1. vremena konvergencije su relativno konstantna i za manji i za veći broj ruta i kreće se između 5.5s i 5.8s. Slično kao i kod OSPF-a, vremena konvergencije za IS-IS se kreću u opsegu od 5.6s do 5.7s.

TABELA 1 - DEFAULT KONFIGURACIJA

T_c	OSPF			IS-IS		
	\bar{T}_c	\hat{T}_c	s	\bar{T}_c	\hat{T}_c	s
5 ruta	5564.45	5592.96	129.6	5634.69	5636.94	17.09
400 ruta	5597.78	5595.83	8.77	5647.18	5647.07	20.24
800 ruta	5623.85	5618.03	33.01	5660.78	5657.19	18.48
1600 ruta	5665.06	5663.95	15.21	5669.08	5668.78	19.89
3200 ruta	5732.97	5728.95	16.9	5690.53	5691.54	16.08

U Tabeli 1. dat je prikaz srednje vrednosti (\bar{T}_c), medijane (\tilde{T}_c) i standardne devijacije (s) za vreme konvergencije (T_c) OSPF i IS-IS ruting protokola sa osnovnom konfiguracijom. Vrednosti su izražene u milisekundama.

U toku testova uočeno je da je najveći deo vremena u oporavljanju putanje potrošen na signalizaciju ruting protokolu da je interfejs promenio operativni status. Modifikacijom konfigurisanog carrier-delay vremena, tj. uklanjanjem kašnjenja u signalizaciji, modifikacijom LSA i SPF tajmera kao i drugih parametara kreirana je konfiguracija koja bi trebalo da obezbedi vreme konvergencije koje je ispod jedne sekunde[3]. Za oba protokola su takođe izmenjeni tajmeri za generisanje LSP (LSA) paketa kao i za izvršavanje SPF algoritma, tako da su vremena čekanja i intervali između LSP/LSA paketa drastično smanjeni. Postavljanje manjih intervala za ove vrednosti ubrzava vreme konvergencije ali u mreži koja ima brze promene statusa linkova može uvesti dodatne nestabilnosti u ruting protokol. Pored ovih promena za OSPF protokol su podešene fast hello poruke i aktiviran je iSPF. Iako u ovom konkretnom testu iSPF nema ulogu u vremenu konvergencije, njegova aktivacija drastično smanjuje izvršavanje SPF algoritma u slučajevima gde se kalkulacija vrši zbog ispada ili dodavanja rutera na ivici mreže (lista u SPF stablu)[4].



Sl. 3 — OPSF i IS-IS — Optimizovana konfiguracija

Smanjivanje vremena signalizacije ruting protokolu da je došlo do prekida na nižim slojevima je drastično ubrzalo vreme konvergencije, i zajedno sa

drugim promenama konfiguracije ovo vreme je opalo na do par stotina milisekundi. U IS-IS konfiguraciji su napravljene iste promene kao i za OSPF. Nakon optimizacije konfiguracije, oba protokola imaju međusobno veoma slične rezultate kao i pre napravljenih promena.

U Tabeli 2. dat je prikaz srednje vrednosti (\bar{T}_c), medijane (\tilde{T}_c) i standardne devijacije (s) za vreme konvergencije (T_c) OSPF i IS-IS ruting protokola sa optimizovanom konfiguracijom. Vrednosti su izražene u milisekundama.

TABELA 2 - OPTIMIZOVANA KONFIGURACIJA

T_c	OSPF			IS-IS		
	\bar{T}_c	\tilde{T}_c	s	\bar{T}_c	\tilde{T}_c	s
5 ruta	111.87	104.96	9.84	115.35	116.6	10.41
400 ruta	130.1	126	7.85	127.1	124.74	9.31
800 ruta	151.86	146.84	9.05	142.29	145.2	11.82
1600 ruta	196.73	190.03	10.03	168.31	165.94	14.37
3200 ruta	260.56	262.26	10.17	233.93	228.19	9.33

Iz navedenih rezultata se može zaključiti da su vremena konvergencije OSPF i IS-IS ruting protokola skoro jednaka u navedenoj situaciji gde je neophodno izvršavanje SPF algoritma u potpunosti. Ovaj rezultat je očekivan obzirom da oba protokola koriste Dijkstra algoritam za izračunavanje minimalnog drvo razapinjanja. Iz dobijenih rezultata može se primetiti malo veća standardna devijacija u slučaju IS-IS ruting protokola kao i veće razlike u medijani rezultata između oba ruting protokola nego u prosečnim rezultatima. Takođe primećeni su bolji rezultati kod OSPF-a sa manjim brojem ruta, bolji rezultati IS-IS ruting protokola sa velikim brojem ruta, dok su na testovima sa 400 i 800 ruta imali slično vreme konvergencije.

III. ZAKLJUČAK

Obzirom da su sve razlike u vremenima konvergencije ova dva ruting protokola do 30ms, u praksi one ne predstavljaju značajnu prednost ni za jedan od njih. Treba imati u vidu da sam test ima rezoluciju od 10ms, kao i

da je urađen na opremi čije performanse nisu u rangu one koja se koristi u modernim servis provajderima. Internet provajderi u jezgru mreže koriste uglavnom linkove kapaciteta 10 Gbps ili više, kao i rutere visokih performansi tako da vreme propagacije, izvršavanje algoritma i ažuriranje RIB i FIB tabela ne predstavljaju više aktivnosti koje drugo traju pa glavna komponenta brze konvergencije postaje sama detekcija prekida linka. IS-IS i OSPF se oslanjaju na praktično iste mehanizme detekcije prekida, bilo da je to signalizacija nižeg sloja, BFD protokol ili smanjen interval hello paketa, pa je i očekivano da rezultati budu konkurentni. Bolje performanse IS-IS protokola kod velikog broja ruta ispoljavaju njegove prednosti koje su dobijene drugačijim (i može se reći bolje osmišljenim, paketima za razmenu informacija), ali dobrim planiranjem logičke topologije mreže ova prednost ne bi trebalo da postane značajna.

LITERATURA

- [1] Cisco Systems, *Cisco 3700 Series Routers Hardware Installation Guide*, 2003.
- [2] Cisco Systems, *Portable Product Sheets - Routing Performance*, 2009.
- [3] Cisco Systems, *Cisco IOS IP Routing: ISIS Command Reference*, 2010.
- [4] Je Doyle, *OSPF and IS-IS: Choosing an IGP for Large-Scale Networks: Choosing an IGP for Large-Scale Networks*, Addison-Wesley Professional, 2005.
- [5] John Moy, *OSPF version 2*, RFC 2328, 1998.

ABSTRACT

This paper analyzes convergence times of IS-IS and OSPF link-state routing protocols which are usually compared in the context of large Internet service provider networks. The paper shows test results done in controlled environment and simple topology with 5, 400, 800, 1600 and 3200 routes in the network with default configuration as well as for optimized configuration. Regardless of many common features that IS-IS and OSPF share as link-state protocols, IS-IS is still considered to be more suitable for large service provider networks. This paper focuses just on expected convergence times and on how that time changes in relationship to number of routes in the network.

CONVERGENCE TIME COMPARISON BETWEEN IS-IS AND OSPF ROUTING PROTOCOLS

P. Obradović