

OSPF U MREŽAMA PREKLOPNIKA

OSPF WITHIN THE SWITCH NETWORKS

Stjepan Jambrak¹, Dubravko Žigman²

¹Janaf

²Tehničko veleučilište u Zagrebu

Sažetak

Usmjernički protokoli koriste se za međusobno povezivanje usmjernika ili preklopnika višeg nivoa. Najčešće korišteni protokoli su: Routing Information Protocol (RIP), Interior Gateway Routing Protocol (IGRP), Open Shortest Path First (OSPF), Intermediate System to Intermediate System (IS-IS), te Border Gateway Protocol (BGP). Neki od njih se koriste kao unutarnji a neki kao vanjski za povezivanje autonomnih sistema na Internetu. Jedan od najviše korištenih usmjerničkih protokola stanja veze je Open Shortest Path First (OSPF). Prednost tog protokola je velika brzina oporavka veze, te mali mrežni promet.

Ukazali smo na jedno od mogućih rješenja temeljno na primjeni OSPF protokola u mrežama preklopnika. Prikazano je praktično rješenje za unaprjeđenje postojeće podatkovne i komunikacijske mreže u jedan jedinstven sustav s redundantnim povezivanjima između lokacija. Umjesto korištenja usmjerničkih protokola koji su vezani za jednog proizvođača, u ovom primjeru pokazana je mogućnost nadogradnje sustava, te dodavanja različitih mrežnih segmenata drugih proizvođača.

Možemo zaključiti da upotrebom OSPF protokola postoji velika prednost naspram drugih protokola stanja veze i protokola vektora udaljenosti.

Ključne riječi: preklopnici, OSPF, umrežavanje, protokoli za usmjeravanje, usporedba usmjerničkih protokola

Abstract

Routing protocols are used by routers or higher-level switch interconnection. The most used protocols are the following: Routing Information Protocol (RIP), Interior Gateway Routing Protocol

(IGRP), Open Shortest Path First (OSPF), Intermediate System to Intermediate System (IS-IS), and Border Gateway Protocol (BGP). Some of them are used as internal, while some of them are used as external for connecting to the Internet autonomous systems. One of the most used connection status routing protocols is the Open Shortest Path First (OSPF). The advantage of this protocol is a high speed of the connection recovery and low network traffic.

This paper demonstrates the application of protocols in switched networks. A practical solution is shown for enhancement of the existing data and communication network into one unique system with redundant connections between locations. Instead of using the routing protocols that are related to one producer, this example shows a possibility of the system upgrade and adding different network segments of other producers.

A conclusion can be reached that the use of OSPF protocols provides great advantage as opposed to other connection status protocols and distance vector protocols.

Keywords: Switches, OSPF, networking, routing protocols, routing protocols comparison

1. Uvod

1. Introduction

U današnjem svijetu razgranatih telekomunikacijskih mreža njihovo povezivanje je prijeko potrebno za normalan rad. Povezani usmjernici su preduvjeti za funkcioniranje cjelokupnog interneta. Budući da se količina povezanih mreža mijenja doslovno iz sekunde u sekundu dinamičko usmjeravanje je najbolje rješenje za povezivanje tih mreža.

Najpoznatiji protokoli za dinamičko usmjeravanje su Routing Information Protocol (RIP), Enhanced Interior Gateway Protocol (EIGRP), Intermediate System to Intermediate System (IS-IS), Border Gateway Protocol (BGP), te Open Shortest Path First (OSPF). Ovaj rad obuhvatit će jedan od najčešće korištenih protokola za usmjeravanje. Open Shortest Path First (OSPF) je protokol dinamičkog usmjeravanja koji je idealan za proučavanje i analizu.

2. Protokoli za usmjeravanje

2. Routing protocols

Usmjeravanje je čin prebacivanja informacija preko mreže od izvora do odredišta. Algoritmi usmjeravanja su relativno jednostavni, isto tako je i za većinu usmjerničkih protokola. U većini slučajeva, računalo zaključuje da mora poslati paket drugom računalu. Doznajući adresu usmjernika, izvorišno računalo šalje paket na usmjerničku MAC adresu, ali ovaj put sa protokolom i adresom odredišnog računala. Nakon pregleda odredišne adrese usmjernik, ukoliko zna, prosljeđuje paket na drugi usmjernik. Ako usmjernik ne zna gdje usmjeriti paket on ga odbacuje. Ukoliko zna on mijenja odredišnu MAC adresu na sljedeći usmjernik i prebacuje paket. Sljedeći usmjernik može biti krajnji odredišni računalo. Ako nije prosljeđuje paket dalje na sljedeći usmjernik koji izvršava isti proces odabira usmjeravanja. Kako se paket premješta preko mreže, fizička adresa se mijenja, ali adresa protokola se ne mijenja [1]. Temelje se na poznatom algoritmu iz teorije grafova, Dijkstra shortest path algorithm. Primjeri ovog protokola su: Open Shortest Path First (OSPF) Intermediate System to Intermediate System (IS – IS) DNA Phase V NetWare Link Services Protocol [1].

Usmjernički protokoli se dijele na: protokole vektora udaljenosti i protokole stanja veze.

Iako se protokoli stanja veze smatraju složenijim od protokola vektora udaljenosti, osnovna funkcionalnost uopće nije kompleksna. [1].

Protokoli stanja veze imaju neke važne prednosti. Za razliku od protokola vektora udaljenosti prilikom kvara petlje se ne mogu pojaviti preko ažuriranja stanja veze, zbog toga što izračunavaju svoje rute na temelju mrežne

topologije. Vrijeme konvergencije je minimalno jer se promjene stanja veze šire odmah na sve usmjernike, te se mijenjaju tablice usmjeravanja i mrežna topologija. Većina protokola stanja veze su dizajnirana da šalju ažuriranja tek kada se stanje veze promjeni i time ne troše na mrežnoj propusnosti i opterećenju samog usmjernika za vrijeme mrežne stabilnosti [2].

Protokoli stanja veze izbjegavaju formiranje petlji, veliko vrijeme konvergencije i trošenje resursa za vrijeme stabilnog rada, ali imaju i svoje nedostatke. Glavni među njima je složenost. Kompleksnost je prvenstveno aspekt implementacije protokola, ali se često pojavljuje i u konfiguraciji. OSPF je unutarnji protokol, a složeniji je od BGP koji je vanjski. U normalnoj konfiguraciji složenost korisnik ne vidi [2].

OSPF ima nedostatak u kompleksnosti izradi topološke karte. Iako čovjek može dosta jednostavno nacrtati topološku kartu gledajući što je na što spojeno, usmjernik mora imati način na koji će obraditi ulazne podatke u smislenu informaciju. Standardni način je da koristi nekakav tip grafa. Svaka vrsta grafa ima svoj vlastiti skup operacija koje može podržavati, dok je drugi set nemoguće izvesti na njemu. Veliki broj istraživanja je posvećen opisivanju različitih vrsta grafikona i operacija koje oni podržavaju. Specifikacija protokola ne detaljizira kako mora biti proveden, pa čak ni vrste podataka koje su potrebne [2].

Druga složenost u implementaciji protokola stanja veze je izračunavanje najbolje putanje prema odredištu. Iako postoje algoritmi za izračunavanje najboljeg puta koristeći razne grafove i metrike, opet je do administratora da odabere jednog i ispravno ga primjeni. Greške mogu imati zanimljive rezultate u gotovom proizvodu [2].

Oba protokola će rezultirati ispravnim usmjeravanjem u stabilnoj mreži i u slučaju kvara, brzim stvaranjem novih putanja. Odabir vrste protokola za mrežu je stvar osobnih sklonosti. Ako se ne preferira složenost protokola stanja veze te korištenje mrežnih resursa, poželjno je odabrati neki od protokola vektora udaljenosti. S druge strane, ako želite brzu konvergenciju, nisku potrošnju mrežne propusnosti i uklanjanje mrežnih petlji odaberite jedan iz obitelji protokola stanja veze [2].

	RIP v1	RIP v2	IGRP	EIGRP	OSPF	IS-IS	BGP
Unutarnji/vanjski	unutarnji	unutarnji	unutarnji	unutarnji	unutarnji	unutarnji	unutarnji
Tip	vektor udaljenosti	vektor udaljenosti	vektor udaljenosti	hibrid	stanja veze	stanja veze	vektor putanje
Zadana metrika	broj skokova	broj skokova	propusnost / kašnjenje	propusnost / kašnjenje	cijena	cijena	više atributa
Administrativna udaljenost	120	120	100	90 (interni) 170(externi)	110	115	20 (eksterni) 200 (interni)
Limit sljedećeg skoka (koraka)	15	15	255 (zadano 100)	224 (zadano 100)	nema	nema	EBGP: 1 IBGP: nema
Vrijeme konvergencije	spora	spora	Spora	jako brzo	brzo	brzo	srednje
Ažuriranja	30 sec.	30 sec.	90 sec.	kod promjena	kod promjena LSA 30 min.	kod promjena	kod promjena
Bez klasa	ne	da	Ne	da	da	da	da
VLSM	ne	da	Ne	da	da	da	da
Algoritam	Bellman-Ford	Bellman-Ford	Bellman-Ford	DUAL	Dijkstra	Dijkstra	Best Path Algoritam
Adresa za ažuriranje	broadcast	224.0.0.9	224.0.0.10	224.0.0.10	224.0.0.5 (SPF) 224.0.0.6 (DR i BDR)		unicast
Protokol i port	UDP 520		IP 9	IP 88	IP 89		TCP 179

Slika 1 Usporedni prikaz svih protokola za dinamičko usmjeravanje [3].

Figure 1 Comparative review of all dynamic routing protocols [3].

2.1 Povijest OSPF protokola

2.1 History of OSPF protocol

Razvoj OSPF usmjerničkog protokola započeo je 1987. OSPF je bio prvi protokol koji je u potpunosti razvijen unutar IETF (Internet Engineering Task Force). Desetljećima poslije, OSPF radna grupa još uvijek postoji, a OSPF protokol se nastavlja širiti, iako je OSPF verzija 2 objavljena 1991. Prateći razvoj OSPF možemo vidjeti koje se značajke protokola smatraju važne. Kao i Internet OSPF je napredovao kroz vrijeme. Sadašnje značajke, kao što je točka na više točaka sučelje, nikada nisu ni zamišljene u izvornom dizajnu. Neke značajke poput TOS (Type Of

Service) baziranom usmjeravanju, su sadržane, ali nikada primijenjene [4].

Rješenje nedostataka statičkog usmjeravanja i RIP protokola bio je OSPF koji je i danas preporučeni IGP (Interior Gateway Protocol). OSPF koristi manje mrežnih resursa i vrijeme konvergencije mu je manje ukoliko dođe do promjena u mrežnoj topologiji [4].

OSPF je napredovao kroz nekoliko izdanja RFC (Request For Comment) članaka. Sve RFC članke koje se tiču OSPF-a napisao je John Moy koji je ujedno i voditelj OSPF radne grupe pri IETF-u. Prva verzija protokola opisana je u RFC 1311, ali nikada nije izašla iz eksperimentalnog stanja. Verzija 2, sadašnja verzija, prvo je

navedena u RFC 1247, a posljednja specifikacija je RFC 2328 [4].

Verzija 3 je opisana u RFC 2740 članku i nije kompatibilna sa verzijom 2 i donosi sljedeće promjene: LSA (Link State Advertise) promjene, isključiva podrška za IPv6 (ne podržava IPv4), procesiranje protokola prema vezi, uklanjanje adresne semantike, susjedi su uvijek identificirani preko Router ID [4].

2.2. Tipovi OSPF mreža

2.2. Types of OSPF networks

Protokoli stanja veze su izvorno razvijeni za mrežne topologije načinjene od usmjernika spojenih serijskim vezama (ARPANET mreža), te oni pokazuju osnovne elemente protokola stanja veza. Većina literature odnosi se na točka – točka (eng. point to point) mrežne topologije. Internet se sastoji od mnogih drugih podmrežnih tehnologija sposobnih za spajanje više od dva usmjernika u jedinstveni Ethernet, 802.5 Token Ring, FDDI ring, Frame Relay, ATM, SMDS, itd. OSPF radi preko svih tih podmrežnih tehnologija. OSPF dijeli različite mrežne tehnologije na sljedeće klase:

- a) Točka na točka (eng. Point-To-Point)

Tip mreže u kojem je usmjernik spojen direktno na susjedni. To je najjednostavniji tip povezivanja i ujedno i najrašireniji. [4].

- b) Više pristupna s emitiranjem (eng. Broadcast Multiaccess)

Više pristupna s emitiranjem je veza gdje usmjernik može poslati paket koji će biti primljen od strane bilo kojeg usmjernika spojenog na mrežu. Najbolji primjer za to je Ethernet. [4].

- c) Više pristupna bez emitiranja (eng. Nonbroadcast Multiaccess)

Više pristupna bez emitiranja klasa podržava više od dva usmjernika i dopušta bilo kojima usmjernicima komuniciranje izravno preko njih, ali ne podržava vezno emitiranje. Primjeri uključuju X.25, Frame Relay i ATM (Asynchronous Transfer Mode) mreže koji

podržavaju bilo preklapne virtualne krugove ili potpunu mrežnu povezivost pomoću PVC (Permanent Virtual Circuit) mreža koji povezuju svaki par usmjernika. [4].

- d) Točka na više točaka (eng. Point-To-Multipoint)

Točka na više točaka može se primijeniti na bilo koju tehnologiju povezivanja koja koristi NBMA model. Obično su to povezne mreže, poput Frame Relay i ATM. [4].

2.3. Zaglavlje OSPF okvira

2.3. Header of the OSPF frame

8	15	32bit
Version number	Packet type	Packet length
Router ID		
Area ID		
Checksum	AuType	
Authentication		

Slika 2 Prikaz OSPF zaglavlja[5]

Figure 2 Display of the OSPF header [5]

Polja OSPF paketa

Version number – verzija OSPF paketa koji se koristi (verzija 1, 2 ili 3)

Packet type – tip OSPF paketa mogu biti:

- Hello paketi
- Paketi za opis baze
- Paketi za zahtjev stanja veze
- Paketi za osvježavanje stanja veze
- Paketi za potvrdu stanja veze

Packet length – duljina paketa

Router ID – oznaka usmjerenika koji je izvorište paketa

Area ID – oznaka područja kojemu paket pripada

Checksum – kontrolni zbroj zaglavlja

AuType – tip autentifikacije koja se koristi

Authentication – 64-bitno autentifikacijsko polje [5].

2.4. Kako radi OSPF protokol

2.4. Performance of the OSPF protocol

Svaki usmjernik šalje informaciju koja se naziva oglas stanja veze - LSA (eng. link state advertisements) svakom susjedu. LSA popisuje veze svakog od usmjernika, a za svaku vezu, identificira vezu, stanje veze, troškove metrike sučelja usmjernika na pojedinoj vezi i susjede koji bi mogli biti povezani s tom vezom. Svaki usmjernik prima oglas te ga širi na ostale susjedne usmjernike. LSA je termin unutar OSPF protokola, dok je LSP (eng. Link State PDU) ekvivalent unutar IS-IS protokola [1].

Svaki usmjernik sprema kopiju LSA koji je vidio u bazi podataka. Ako je sve uredi na svim usmjernicima moraju biti isti podaci [1].

Kompletna topološka baza podataka (eng. Link state database) se koristi unutar Dijkstra algoritma za izračunavanje najkraće putanje do svakog usmjernika. Tada protokol stanja veze pregledava bazu podataka stanja veze da vidi koje su mreže na kojem usmjerniku, te ih upisuje u usmjerničku tablicu [1].

3. Primjena OSPF protokola u realnoj situaciji

3. OSPF protocol application in the realistic situation

Korištenjem preklopnika rješava se cjelokupno umrežavanje za tvrtku. Budući da tvrtka ima u vlasništvu mrežnu infrastrukturu (ne ovisi o davateljima usluga) koristi će „multilayer“ preklopnike koji imaju mogućnost usmjeravanja (Cisco preklopnici 3750, 3560 s IP Services licencom). Izabran je OSPF protokol kao najbolje rješenje za dinamičko usmjeravanje.

Povezivanje preklopnika izvedeno je optičkom vezom brzine 100Mb/s te mikrovalnom vezom 10Mb/s. Obje veze imaju Ethernet sučelje za spajanje.

Na preklopnicima se postavljaju virtualne lokalne mreže (VLAN). One služe za odvajanje domena i služe za lakše upravljanje korisničkom opremom. U ovom slučaju korisnik želi posebne VLAN-ove (radne stanice, IP telefoniju). Dok su ostale virtualne mreže potrebne za usmjeravanje.



Slika 3 Nacrt mrežnog rješenja

Figure 3 Network solution draft

CLI naredbe za općenitu konfiguraciju preklopnika:

Opis	CLI naredba
postavljanje naziva uređaja	hostname Zagreb
omogućavanje IP usmjeravanja	ip routing
postavljanje loopback sučelja	Interface Loopback1
dodjeljivanje IP adrese sučelju	ip address 172.21.21.1 255.255.255.255
dodavanje VLAN mreže	interface Vlan2
dodjeljivanje IP adrese VLAN	ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
dodjeljivanje VLAN određenom fizičkom sučelju, te podešavanje naziva	interface FastEthernet0/1 switchport mode access switchport access vlan 2 description RV-Sisak
	ip classless
spremanje postojeće (radne) konfiguracije u početnu	write copy running-config startup-config

Potrebne naredbe za podešavanje OSPF usmjerničkog protokola na preklopniku „Zagreb“, s time da su naredbe iste za druge preklopnike s izmijenjenim IP adresama i sučeljima.

Opis	CLI naredba
omogućavanje usmjeravanja preko OSPF protokola za područje 1	router ospf 1
distribucija spojenih mreža	redistribute connected subnets
distribucija mreža	network 10.0.2.0 0.0.0.255 area 0 network 10.0.3.0 0.0.0.255 area 0 network 10.0.4.0 0.0.0.255 area 0 network 10.0.9.0 0.0.0.255 area 0 network 10.1.1.0 0.0.0.31 area 0 network 10.2.1.0 0.0.0.31 area 0

Za ostale preklonike su slične konfiguracijske naredbe. Pozornost jedino treba usmjeriti na točne podatke o mrežama koje se nalaze na tim preklonnicima. Nakon točnog postavljanja VLAN i IP informacija, te podešavanja OSPF protokola

slika ispod pokazuje tablicu usmjerenja za preklonnik „Zagreb“.

4. Zaključak

4. Conclusion

Odabir i korištenje usmjerničkih protokola ovisi o tome koji uvjeti trebaju biti zadovoljeni. OSPF protokol nema ograničenja što se tiče broja skokova. Unutar postojeće definirane mreže moguća su proširenja i to bez poteškoća. OSPF protokol je otvoren te ga podržavaju proizvođači mrežne opreme, te time korisnik nije ograničen na samo jednog dobavljača. To omogućava proširenje bez problema zbog moguće nepodudarnosti. Korištenje podmreža varijabilne dužine (eng. Variable Length Subnet Masks VLSM) je korisno i jako pogodno za alociranje IP adresa. Dozvoljava logičko definiranje mreža prema područjima. Omogućeno je slanje ažuriranja stanja veze preko IP multicast-a. Zaštita OSPF procesa rješava

```
Zagreb#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
       I - IS-IS, 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

 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 18 subnets, 2 masks
C    10.0.2.0/24 is directly connected, Vlan2
C    10.0.3.0/24 is directly connected, Vlan3
C    10.0.4.0/24 is directly connected, Vlan4
C    10.0.9.0/24 is directly connected, Vlan9
O E2 10.0.10.0/24 [110/20] via 10.2.1.4, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.4, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.11.0/24 [110/20] via 10.2.1.4, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.4, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.19.0/24 [110/20] via 10.2.1.4, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.4, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.20.0/24 [110/20] via 10.2.1.2, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.2, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.21.0/24 [110/20] via 10.2.1.2, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.2, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.29.0/24 [110/20] via 10.2.1.2, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.2, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.50.0/24 [110/20] via 10.1.1.5, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.51.0/24 [110/20] via 10.1.1.5, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.59.0/24 [110/20] via 10.1.1.5, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.70.0/24 [110/20] via 10.2.1.3, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.3, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.71.0/24 [110/20] via 10.2.1.3, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.3, 00:14:52, Vlan99
O E2 10.0.79.0/24 [110/20] via 10.2.1.3, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.3, 00:14:52, Vlan99
C    10.1.1.0/27 is directly connected, Vlan99
C    10.2.1.0/27 is directly connected, Vlan100
 172.21.0.0/32 is subnetted, 4 subnets
C    172.21.21.1 is directly connected, Loopback1
O E2 172.21.21.2 [110/20] via 10.2.1.2, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.2, 00:14:52, Vlan99
O E2 172.21.21.4 [110/20] via 10.2.1.4, 00:14:52, Vlan100
      [110/20] via 10.1.1.4, 00:14:52, Vlan99
O E2 172.21.21.5 [110/20] via 10.1.1.5, 00:14:52, Vlan99
Zagreb#
```

Slika 4 Tablica usmjeravanja nakon završetka OSPF procesa.

Figure 4 The routing table upon the completion of the OSPF process.

se pomoću lozinki kao zaštita od neželjenih ažuriranja. Međutim, savladati korištenje OSPF protokola kompleksnije je od drugih protokola.

Moguća ograničenja prilikom korištenja OSPF protokola su: jako opterećenje procesora uređaja, što sadrži više kopija usmjerničkih podataka te time povećava količinu potrebne

memorije uređaja. Ako cijela mreža koristi OSPF, a jedna od veza nije stabilna količina podataka po mreži će biti velika. Ukoliko je potrebna velika brzina oporavka veze, sprječavanje petlji, korištenje definiranih ruta, te fino ugađanje postavki protokola, OSPF je najbolje rješenje za navedeni slučaj.

5. Reference

5. References

- [1] Jeff Doyle: „CCIE Professional Development Routing TCP/IP“, Cisco Press, Indianapolis, 2005, 1026 stranica
- [2] Scott M. Ballew: „Managing IP Networks with Cisco Routers“, O’Reilly Media, 1997, 348 stranica
- [3] Aaron Balchunas: „Routing Protocol Comparison“, s Interneta http://www.routeralley.com/ra/docs/routing_protocol_comparison.pdf, veljača 2007
- [4] John T. Moy: „OSPF: Anatomy of an Internet routing protocol“, Addison-Wesley Professional, 1998, 339 stranica
- [5] John T. Moy: „Request for Comments: 2328“, s Interneta: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>, travanj 1998.

AUTORI · AUTHORS

Stjepan Jambrak

Korespondencija:

stjepan.jambrak@janaf.hr

Dubravko Žigman - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

Korespondencija:

dzigman@tvz.hr;