

Svojstva metrike usmjeravanja kod protokola EIGRP

Šećerkadić, Faris

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:168:464787>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1343

**SVOJSTVA METRIKE USMJERAVANJA KOD PROTOKOLA
EIGRP**

Faris Šećerkadić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1343

**SVOJSTVA METRIKE USMJERAVANJA KOD PROTOKOLA
EIGRP**

Faris Šećerkadić

Zagreb, lipanj 2024.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1343

Pristupnik: **Faris Šećerkadić (0036527853)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul: Računarstvo
Mentor: prof. dr. sc. Željko Ilić

Zadatak: **Svojstva metrike usmjeravanja kod protokola EIGRP**

Opis zadatka:

Internet se sastoji od mnogo međusobno povezanih grupa mrežnih usmjeritelja (engl. routers) koji se nazivaju autonomnim sustavima. Protokol usmjeravanja EIGRP (engl. Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) služi za komunikaciju, tj. razmjenu informacija i dostupnosti unutar autonomnih sustava. Vaš je zadatak teorijski i praktično analizirati metriku usmjeravanja kod protokola EIGRP. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.

Mentor: prof. dr. sc. Željko Ilić

Voditelj rada: prof. dr. sc. Željko Ilić

Sadržaj

1. Uvod	2
2. Protokol EIGRP	3
2.1. Pojednostavljena metrika	3
2.2. Izračunavanje vrijednosti brzine prijenosa i kašnjenja	4
2.3. Metrika	4
2.4. Pojam nasljednika	5
2.5. Pojam udaljenosti	6
3. Praktična realizacija protokola EIGRP	8
4. Zaključak	13
Literatura	14
Skraćenice	17

1. Uvod

U današnjem dobu svjetske umreženosti, efikasno usmjeravanje predstavlja vrlo bitan faktor za pouzdanost i rad informatičkih sustava i komunikacije. Mrežni protokoli igraju ključnu ulogu, te je veoma bitna upravo njihova metrika za pravilno izračunavanje i usmjeravanje podataka od izvora do odredišta. Protokole usmjeravanja možemo svrstati u dvije grupe. Prva grupa je takozvani statičko usmjeravanje (engl. Static routing). Statičko usmjeravanje podrazumijeva ručno konfiguriranu mrežu čije tablice usmjeravanja se ne mijenja prilikom promjene u mreži [8]. Druga grupa se naziva dinamičko usmjeravanje (engl. Dynamic routing), te podrazumijeva razmjenu informacija među jedinkama u mreži kako bi se izračunao optimalan put do odredišta. Samo dinamičko usmjeravanje se dalje dijeli na dvije kategorije protokola, unutarnji usmjerivački protokol (engl. Interior Gateway Protocols, skr. IGP) te vanjski usmjerivački protokol (engl. Exterior Gateway Protocols, skr. EGP). Nadalje, IGP možemo podijeliti u algoritme vektora udaljenosti (engl. distance vectoring) te link-state algoritme. U ovom radu se opisuje poznati protokol usmjeravanja EIGRP (engl. Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), konkretnije sama metrika pomoću koje se radi usmjeravanje [7]. U drugom poglavlju će se spomenuti teorijsko objašnjenje metrike EIGRP, te će se u trećem primijeniti na primjernoj topologiji.

2. Protokol EIGRP

Protokol EIGRP je razvijen od strane Američke kompanije Cisco Systems Inc. 1993. godine kao vlasnički protokol, te je 2013 dana dozvola i drugim dobavljačima za implementaciju ograničene verzije EIGRP-a [5]. Svrstavamo ga u IGP kategoriju dinamičkih protokola, te koristi algoritam vektora udaljenosti. Usmjerivač koji koristi algoritam vektora udaljenosti nije svjestan topologije mreže, već zna samo svoje izravno susjedne mreže i udaljene mreže do kojih može doći preko svojih susjeda. EIGRP je nastao kao nadogradnja protokola IGRP (engl. Interior Gateway Routing Protocol).

2.1. Pojednostavljena metrika

EIGRP je najčešće konfiguriran na pojednostavljen način. U sklopu samog protokola postoji četiri atributa. Brzina prijenosa, opterećenje, kašnjenje i pouzdanost. Svaki od navedenih atributa je kontroliran pomoću K-vrijednosti:

1. K1 - Brzina prijenosa (engl. Bandwidth, skr. BW)
2. K2 - Opterećenje (engl. Load)
3. K3 - Kašnjenje (engl. Delay)
4. K4 i K5 - Pouzdanost (engl. Reliability)

K-vrijednosti su brojevi između 0 i 255 te služe za davanje težine određenim atributima. Bitno je napomenuti da prije nego što dva routera postanu susjedi, moraju imati iste K-vrijednosti, tj. vrednovati određene atribute jednako. U pojednostavljenoj metrici vrijednosti K1 i K3 su postavljene na 1, dok su ostale K-vrijednosti postavljene na 0. U tom slučaju formula metrike izgleda ovako:

$$\text{Metrika} = 256 * (\text{Brzina prijenosa} + \text{Kašnjenje})$$

Kao što je već navedeno, EIGRP je nadogradnja na IGRP te zbog toga množimo formulu sa 256. Množenjem upravo tom vrijednošću postiže se pretvorba iz 24 bita u 32 bita.

2.2. Izračunavanje vrijednosti brzine prijenosa i kašnjenja

S obzirom da je metrika ključan dio svakog protokola usmjerenja, veoma je bitno pravilno odrediti vrijednosti. Kod pojednostavljene metrike uzimamo samo brzinu prijenosa i kašnjenje u obzir.

Vrijednost brzine prijenosa se bazira na minimalnoj vrijednosti brzine prijenosa cijelog puta. Upravo zbog toga je potrebno koristiti formulu pretvorbe:

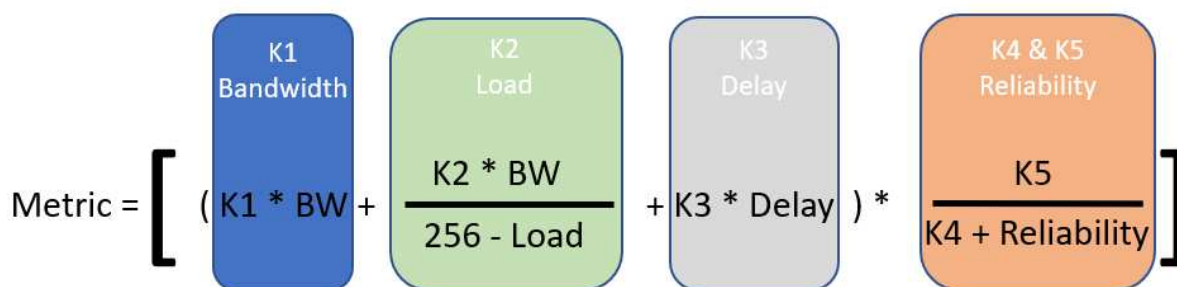
$$\text{Brzina prijenosa} = 10^7 / \text{min. Brzina prijenosa u Kbps}$$

Kašnjenje je atribut koji izražava količinu vremena potrebnog za transmisiju to susjednog uređaja. Atribut kašnjenja možemo gledati kao svojevrsan brojač jer se zbraja nakon svakog susjednog uređaja, tj. kumulativan je atribut. Također, kašnjenje se najčešće izražava u mikrosekundama (μ), a unutar same formule protokola nam je ta vrijednost potrebna u desecima mikrosekundi. Time dobivamo formulu:

$$\text{Kašnjenje} = \text{vrijednost Kašnjenja} / 10$$

2.3. Metrika

Sada kada smo definirali pojednostavljenu metriku, te naveli da se najčešće koristi, vrijeme je za osvrnuti se na metriku u cijelosti. Formula glasi:


$$\text{Metric} = \left[\left(K1 * BW + \frac{K2 * BW}{256 - \text{Load}} + K3 * \text{Delay} \right) * \frac{K5}{K4 + \text{Reliability}} \right]$$

Slika 2.1 - Prikaz metrike EIGRP [2]

Iz ove formule jasno dobivamo pojednostavljenu formulu uvrštavanjem vrijednosti nula u K-vrijednosti K2, K4 i K5. Također, osim za skaliranje pojedinačnih vrijednosti težinama od 0

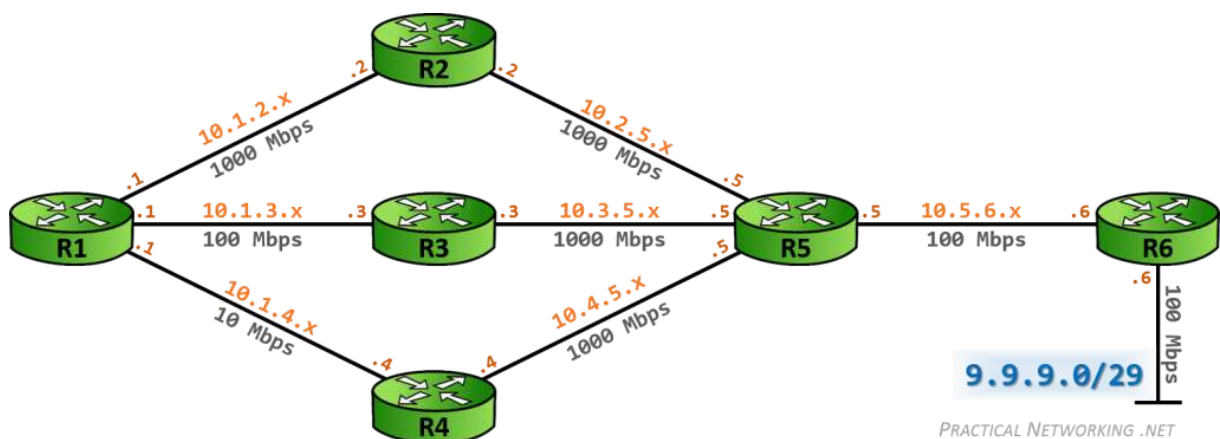
do 255, to služi i za međusobno skaliranje između atributa. Na primjer, ako vrednujemo pouzdanost i kašnjenje u omjeru 3:2, postavljamo K-vrijednosti pouzdanosti na 3 i K-vrijednost kašnjenja na 2. Bitno je primjetiti da sama K-vrijednost ne predstavljaju vrijednosti atributa već njihove težine (npr. $K1 \neq BW$).

Motivacija korištenja pojednostavljene metrike je činjenica da se vrijednosti atributa opterećenja i pouzdanosti ne ažurira tokom rada, već se računaju samo na početku. Zbog toga može doći do problema u slučaju da se sučelje krene zasićivati [2].

2.4. Pojam nasljednika

Nakon upoznavanja sa metrikom, bitno je spomenuti druga svojstva EIGRP kako bismo bolje razumjeli usmjeravanje.

Iz perspektive svakog usmjerivača u mreži, do svakog odredišta postoji jedna najbolja ruta koja se naziva nasljednik (engl. Successor). Nadalje, jedna od glavnih značajki EIGRP je velika brzina oporavka ukoliko jedan usmjeritelj ispadne iz mreže. Upravo su za tu brzinu zaslužni izvedivi nasljednici (engl. feasible successors) [10]. Izvedivi nasljednici su sve rute koji ne sadrže petlju, a koje vode do odredišta.



Slika 2.2 - Primjerna topologija 1 [10]

Na sljedećoj topologiji možemo istražiti te koncepte. Ako uzmemo R5 kao početnu točku te tražimo put do mreže 9.9.9.0/29 možemo zaključiti da postoji samo jedan put, preko R6. Samim time usmjerivač R5 neće imati nijednog izvedivog nasljednika.

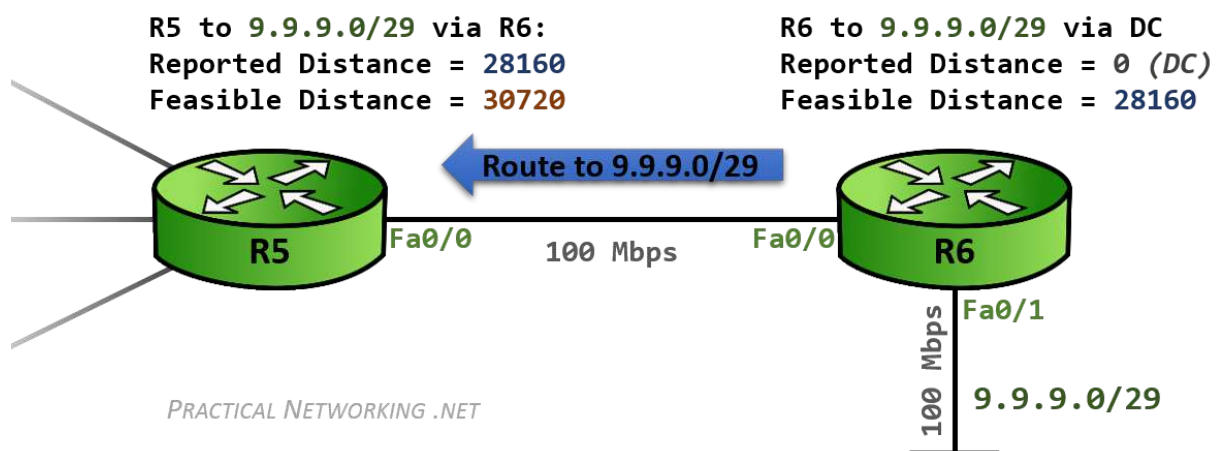
Gledajući isto odredište iz perspektive R1 usmjerivača može se zaključiti da postoji nekoliko ruta bez petlji. Pod pretpostavkom da je topologija postavljena po pojednostavljenoj metrici vidimo da je ruta preko R2 usmjerivača najbolja te ona postaje nasljednik, dok ostale dvije rute (preko R3 i R4) postaju izvedivi nasljednici.

Unutar EIGRP-a postoji pet vrsta paketa [8]:

1. Hello - koristi se za prepoznavanje susjednih mreža, šalje se multicast i ne zahtjeva acknowledge
2. Update - sadrži informacije o izračunu ruta (u slučaju promjene u mreži), šalje se multicast i zahtjeva acknowledge
3. Query - šalje se susjedima multicastom kada ne postoji izvediv nasljednik
4. Reply - odgovor na query paket, koji se šalje unicastom
5. ACK

2.5. Pojam udaljenosti

S obzirom da EIGRP vrsta protokola koja koristi algoritam vektora udaljenosti te znamo da je svaki usmjerivač svjestan samo svojih susjeda bitno je spomenuti prijavljenu udaljenost (engl. reported distance, skr. RD) i izvedivu udaljenost (engl. feasible distance, skr. FD). Udaljenost RD je udaljenost do odredišta koju susjed usmjerivača prijavljuje, na RD zbraja se udaljenost usmjerivača i susjeda te tako dobivamo FD [10].

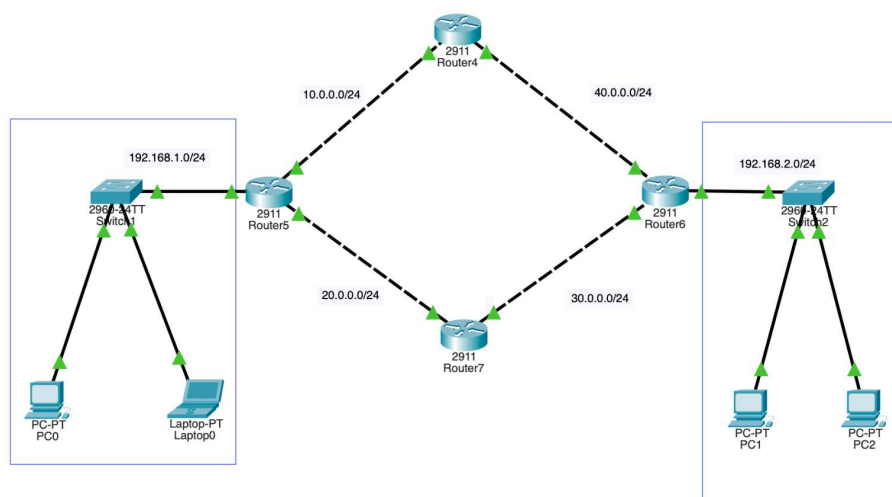


Slika 2.3 - Uvećan pogled primjerne topologije (Slike 2.2) [10]

Na slici vidimo da R6 usmjerivač RD vidi kao 0, jer ne postoji usmjerivač između odredišta i R6. Nadalje udaljenost RD usmjerivača R5 je jednaka udaljenosti FD usmjerivača R6.

3. Praktična realizacija protokola EIGRP

Proučiti ćemo EIGRP na sljedećoj topologiji napravljenoj u alatu Packet Tracer:



Slika 3.1 - Primjerna topologija 2

Vidimo četiri usmjerivača, dva (Router 5 i Router 6) su spojena na tri sučelja dok su druga dva (Router 4 i Router 7) spojeni dva sučelja oba. Nakon postavljanja i inicijaliziranja mreže, moramo postaviti usmjerivače u EIGRP način rada.

```
Router(config)#router eigrp 100
```

Slika 3.2 - Naredba konfiguracije usmjerivača u EIGRP način rada

Nakon naredbe “router eigrp {brojka}”, u ovom slučaju 100, označava autonomni sustav (engl. autonomous system). Autonomni sustav označava skup usmjerivača koji koriste EIGRP, usmjerivači unutar istog skupa razmjenjuju EIGRP informacije [8].

Nakon konfiguracije ostatka mreže možemo na svakom usmjerivaču provesti naredbe:

1. “show ip eigrp topology” - prikazuje sve nasljednike i izvedive nasljednike
2. “show ip eigrp topology all-links” - prikazuje sve informacije koje EIGRP ima

Prva naredba se može izvršiti i gledajući specifično odredište:

```
Router#show ip eigrp topology 192.168.2.0
IP-EIGRP (AS 100): Topology entry for 192.168.2.0/24
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 5120
  Routing Descriptor Blocks:
  0.0.0.0 (GigabitEthernet0/2), from Connected, Send flag is 0x0
    Composite metric is (5120/0), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 1000000 Kbit
      Total delay is 100 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 0
Router#
```

Slika 3.3 - Primjer ispisa EIGRP topologije iz usmjerivača 6

Na ovom primjeru smo naredbu pokrenuli iz usmjerivača 6 te odredili 192.168.2.0 kao odredišnu adresu. Možemo iščitati sve potrebne vrijednosti potrebne za izračunavanje metrike EIGRP, na ovom primjeru je brzina prijenosa 1000000 Kbit, kašnjenje 100 mikro sekundi, opterećenje 1/255, te pouzdanost 255/255. Znajući da u postavljenoj mreži koristimo pojednostavljenu metriku, uvrštavanjem u formulu iz drugog poglavlja možemo pokušati predvidjeti vrijednost metrike EIGRP:

$$\text{Metrika} = 256 * \{(10000000 / 1000000) + 100 / 10\}$$

Predviđena vrijednost ispada 5120.

Kako bismo potvrdili točnost našeg predviđanja, možemo ju usporediti sa vrijednosti sa slike. Naime, naredba nam daje ispis “Composite metric is (5120/0)”, gdje vrijednosti u zagradi predstavljaju (FD / RD). Također je bilo za očekivati, obzirom da usmjerivač 6 nema susjeda između sebe i odredišta, da će udaljenost RD biti 0. Nadalje, možemo predvidjeti da, izvršimo li istu naredbu na usmjerivaču 7, vrijednost 5120 će se pojaviti na mjestu udaljenosti RD.

Koristeći istu metodu kao za usmjerivač 6, možemo predvidjeti vrijednost udaljenosti FD za usmjerivač 7. Uvrštavanjem u formulu dobivamo vrijednost 7680.

```
-----  
Router#show ip eigrp topology 192.168.2.0  
IP-EIGRP (AS 100): Topology entry for 192.168.2.0/24  
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 7680  
  Routing Descriptor Blocks:  
  30.0.0.2 (GigabitEthernet0/1), from 30.0.0.2, Send flag is 0x0  
    Composite metric is (7680/5120), Route is Internal  
  Vector metric:  
    Minimum bandwidth is 1000000 Kbit  
    Total delay is 200 microseconds  
    Reliability is 255/255  
    Load is 1/255  
    Minimum MTU is 1500  
    Hop count is 1
```

Slika 3.4 - Primjer ispisa EIGRP topologije iz usmjerivača 7

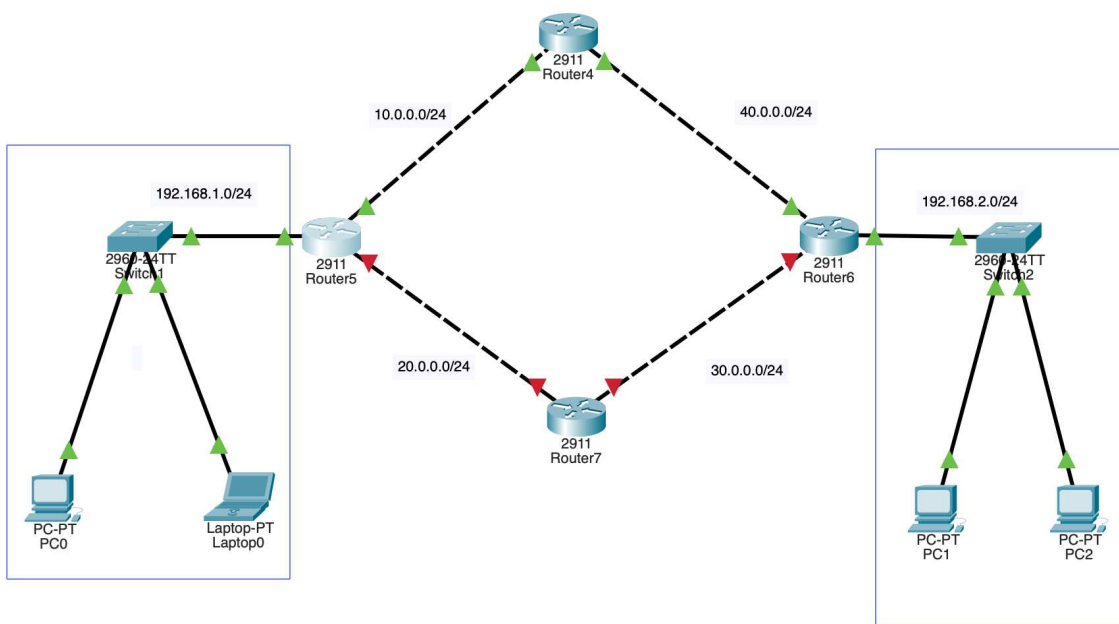
Objektive pretpostavke su se pokazale tačnima.

```
C:\>tracert 192.168.2.20  
  
Tracing route to 192.168.2.20 over a maximum of 30 hops:  
  
  1    0 ms    16 ms    0 ms    192.168.1.1  
  2    0 ms    0 ms    0 ms    20.0.0.2  
  3    0 ms    0 ms    0 ms    30.0.0.2  
  4    0 ms    0 ms    0 ms    192.168.2.20  
  
Trace complete.
```

Slika 3.5 - Traceroute s uređaja Laptop0 do odredišta PC2

Pokretanjem naredbe traceroute s uređaja “PC2” s uređaja “Laptop0” vidi se ruta kojom paket putuje. Vidimo putanju preko usmjerivača 5, do usmjerivača 7, te napokon preko usmjerivača 6 dolazak do odredišta.

U slučaju gašenja usmjerivača na prijašnjem optimalnom putu:



Slika 3.6 - Primjerna topologija sa isključenim usmjerivačem 7

Mreža se pomoću izvedivog nasljednika usmjerivača 5 (u ovom slučaju ruta preko usmjerivača 4) uspjela brzo prilagoditi te poslati paket alternativnim putem.

```

C:\>tracert 192.168.2.20

Tracing route to 192.168.2.20 over a maximum of 30 hops:

  1  0 ms      0 ms      0 ms      192.168.1.1
  2  0 ms      0 ms      1 ms      10.0.0.2
  3  0 ms      0 ms      1 ms      40.0.0.1
  4  10 ms     0 ms      0 ms      192.168.2.20

Trace complete.

```

Slika 3.7 - Traceroute nakon gašenja usmjerivača 7

Takvo ponašanje se također može primjetiti kroz pokretanje naredbe “show ip eigrp topology {destination adr.}” prije i poslije gašenja usmjerivača 7.

Ispis prije gašenja, primjećujemo da se ispisuje dvije moguće rute, prva je nasljednik dok je druga izvedivi nasljednik:

```
Router#show ip eigrp topology 192.168.2.0
IP-EIGRP (AS 100): Topology entry for 192.168.2.0/24
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 7936
  Routing Descriptor Blocks:
  20.0.0.2 (GigabitEthernet0/1), from 20.0.0.2, Send flag is 0x0
    Composite metric is (7936/7680), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 1000000 Kbit
      Total delay is 210 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 2
  10.0.0.2 (GigabitEthernet0/0), from 10.0.0.2, Send flag is 0x0
    Composite metric is (30976/5376), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 1000000 Kbit
      Total delay is 1110 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 2
Router#
```

Slika 3.8 - Ispis topologije prije gašenja usmjerivača 7

Ispit poslije gašenja, izvedivi nasljednik postaje nasljednik jer alternativna ruta ne postoji, sučenje nam čak i javlja gašenje susjednog usmjerivača (usmjerivača 7):

```
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 100: Neighbor 20.0.0.2 (GigabitEthernet0/1) is down: interface down
Router#show ip eigrp topology 192.168.2.0
IP-EIGRP (AS 100): Topology entry for 192.168.2.0/24
  State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 30976
  Routing Descriptor Blocks:
  10.0.0.2 (GigabitEthernet0/0), from 10.0.0.2, Send flag is 0x0
    Composite metric is (30976/5376), Route is Internal
    Vector metric:
      Minimum bandwidth is 1000000 Kbit
      Total delay is 1110 microseconds
      Reliability is 255/255
      Load is 1/255
      Minimum MTU is 1500
      Hop count is 2
```

Slika 3.9 - Ispis topologije poslije gašenja usmjerivača 7

4. Zaključak

Kroz ovaj rad smo detaljno prošli EIGRP, te pogotovo naglasili metriku. Poblize smo se upoznali sa samom metrikom, nadalje sa bitnim pojmovima koji stavljaju metriku u kontekst, te zaključno na primjeru topologije to primijenili. EIGRP se posebno može istaknuti zbog svojeg brzog oporavka u slučaju ispadanja nekog usmjerivača iz mreže. Upravo zbog te činjenice je EIGRP bio, te i dalje u nekim primjenama i ostao, vrlo koristan, pouzdan i učinkovit protokol. Ključan dio uspjeha ovog protokola je upravo metrika, vrijednosti samih atributa te K-vrijednosti omogućuju veliku kontrolu nad usmjeravanjem. Specifično, EIGRP nudi gledanje pojedinih atributa u omjerima s obzirom na druge attribute uz pomoć K-vrijednosti. Ovaj rad pruža pregled ključnih koncepata protokola te njegove metrike, te nudi i praktične smjernice za primjenu ovog protokola.

Literatura

- [1] Edgeworth, Brad, and Raymond Lacoste. 2020. "Path Metric Calculation > EIGRP." Cisco Press. <https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2999383&seqNum=4>.
- [2] Harmoush, Ed. 2016. "EIGRP Metric – Practical Networking .net." Practical Networking. <https://www.practicalnetworking.net/stand-alone/eigrp-metric/>.
- [3] study-ccnp. 2022. "EIGRP Metric Calculation and Formulas." Study CCNP. <https://study-ccnp.com/eigrp-metric-calculation-formulas/>.
- [4] Jimenez, Julio. 2023. "Understand and Use the Enhanced Interior Gateway Routing Protocol." Cisco. <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-eigrp/16406-eigrp-toc.html#toc-hId-499094373>.
- [5] Lewis, Robert. 2024. "Cisco Systems | History & Facts." Britannica. <https://www.britannica.com/money/Cisco-Systems-Inc>.
- [6] Savage, Donnie, Steven Moore, and Donald Slice. 2013. "Enhanced Interior Gateway Routing Protocol." draft-savage-eigrp-00.txt. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-savage-eigrp-00#section-5.5.1.2>.
- [7] catchpoint. n.d. "Overview of Routing and Routing Tables." Dynamic routing protocols. <https://www.catchpoint.com/dynamic-routing-protocols>.
- [8] catchpoint. n.d. "EIGRP." EIGRP vs. OSPF. <https://www.catchpoint.com/dynamic-routing-protocols/eigrp-vs-ospf>.
- [9] Harmoush, Ed. 2017. "EIGRP Feasibility Condition." Practical Networking. <https://www.practicalnetworking.net/stand-alone/eigrp-feasibility-condition/>.
- [10] Harmoush, Ed. 2022. "Understanding EIGRP." Practical Networking. <https://www.practicalnetworking.net/stand-alone/eigrp-terminology/>.

Svojstva metrike usmjeravanja kod protokola EIGRP

Sažetak

Ovaj rad istražuje svojstva metrike protokola EIGRP, te primjenu iste metrike prilikom usmjeravanja. Rad započinje pregledom teoretskog dijela, kao što je definiranje protokola, računanje metrike te upoznavanje sa terminologijom usmjeravanja. U drugom dijelu, rad se bavi praktičnim prikazivanjem teorijskih koncepata na izabranoj topologiji, prvo korištenjem formule te formiranjem pretpostavki oko mreže, te posljedno dokazivanjem točnosti rezultata.

Ključne riječi: EIGRP, protokol, usmjerivač, metrika, nasljednik, brzina prijenosa, kašnjenje, opterećenje, pouzdanost, Cisco

EIGRP routing metric properties

Abstract

This paper investigates the properties of the metric in the EIGRP protocol and its application in routing. The paper begins with a review of the theoretical part, such as the definition of the protocol, metric calculation, and an introduction to routing terminology. In the second part, the paper deals with the practical demonstration of theoretical concepts on a selected topology, firstly using the formula and forming assumptions about the network, and finally proving the accuracy of the results.

Keywords: EIGRP, protocol, router, metric, successor, bandwidth, delay, load, reliability, Cisco

Skraćenice

IGP	Interior gateway protocol
EGP	Exterior gateway protocol
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
LAN	Local Area Network
IoT	Internet of things
BW	Bandwidth
RD	Reported distance
FD	Feasible distance