

# EIGRP – PROTOKOL USMJERAVANJA

Ivan J a n e š, Zagreb

UDK 621.83.001:398  
PREGLEDNI ČLANAK

Sadržaj članka bavi se dinamičkim protokolom usmjeravanja EIGRP u Electronic Highway mreži. EIGRP se funkcionalno sastoji od četiri dijela. To su: Protokol-Zavisni Moduli, Pouzdani Transportni Protokol, Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda i Algoritam Difuznog Ažuriranja, koji su pojedinačno opisani. Najviše se fokusa stavilo na Algoritam difuznog ažuriranja, iz razloga što predstavlja srž funkcioniranja EIGRP-a. Također, predstavljeni su i različiti formati EIGRP paketa.

**Ključne riječi:** Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, EIGRP, IGRP, protokol vektora udaljenosti, protokol vezanih stanja, usmjeravanje, DUAL algoritam, TCP/IP.

## 1. UVOD

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) je, kao što ime kaže, poboljšanje IGRP protokola. Za razliku od RIPv2 (Routing Information Protocol, version 2), EIGRP nudi puno više od samo nekoliko proširenja. EIGRP ostaje u kategoriji protokola vektora udaljenosti i koristi istu kompozitnu metriku kao i IGRP. Osim ovog, postoje vrlo male sličnosti.

EIGRP se povremeno opisuje kao dinamički protokol vektora udaljenosti koji se ponaša kao protokol vezanih stanja. Protokol vektora udaljenosti dijeli sve svoje podatke o putovima s direktno spojenim susjedima, dok protokol vezanih stanja objavljuje informacije o svojim direktnim vezama svim usmjerivačima lociranim unutar njegove domene ili područja usmjeravanja. Svi protokoli vektora udaljenosti uglavnom koriste neku varijaciju Bellman-Ford (ili Ford-Fulkerson) algoritma. Ovi protokoli su podobni usmjeravajućim petljama i brojenju u beskonačno. Kao rezultat moraju implementirati mjere poput podijeljenog horizonta, trovanja putova i "hold-down" mjerača. Budući da svaki usmjerivač mora koristiti algoritam usmjeravanja na primljenim putovima prije nego ih preda susjedima, velike mreže sporije konvergiraju. Još važnije, kako protokoli vektora udaljenosti oglašavaju putove, promjena kritične veze može značiti oglašavanje mnogo izmijenjenih putova.

U usporedbi s protokolima vektora udaljenosti, protokoli vezanih stanja su puno manje podložni usmjeravajućim petljama i lošim informacijama. Prosljeđivanje paketa vezanih stanja ne zavisi prvo o izvršavanju računanja putova, što znači da velike mreže konvergiraju brže. Također, oglašavaju se samo veze i njihova

stanja, a ne putovi, što znači da promjena u vezi neće izazvati oglašavanje svih putova koji koriste tu vezu. Međutim, za razliku od protokola vektora udaljenosti, složeni Dijkstrini algoritmi i vezane baze podataka postavljaju veće zahtjeve na CPU i memoriju.

Bez obzira da li ostali protokoli usmjeravanja vrše računanja putova prije slanja novih vektora udaljenosti susjedima ili nakon generiranja baze podataka topologije, zajedničko im je individualno računanje. U kontrastu, EIGRP koristi sustav difuznog računanja – računanja putova koja se vrše u koordiniranom procesu između više usmjerivača – za postizanje brze konvergencije uz osiguranje od mogućih petlji.

Iako su EIGRP osvježenja još uvijek vektori udaljenosti prenošeni direktno spojenim susjedima, oni su neperiodični, parcijalni i ograničeni. Neperiodični znači da se osvježenja ne šalju u regularnim intervalima, već samo kad dođe do promjene u metrici ili topologiji. Parcijalni znači da osvježenja sadrže samo promijenjene putove, a ne sve podatke iz tablice usmjeravanja. Ograničeni znači da se osvježenja šalju samo zahvaćenim usmjerivačima. Ove karakteristike pokazuju da EIGRP koristi puno manje mrežne resurse od tipičnih protokola vektora udaljenosti, što puno znači u sporijim i skupljim WAN vezama.

## 2. FUNKCIONIRANJE EIGRP-a

EIGRP koristi istu formulu kao i IGRP za računanje kompozitne metrike. Međutim, EIGRP povećava metričke komponente za faktor 256 radi postizanja finije metričke granulacije. Osnovne metričke komponente predstavljaju brzina veza i sumarno kašnjenje do destinacije [3].

razmjerna brzina =  $(10000000/\text{brzina}) * 256$

razmjerno kašnjenje =  $\text{kašnjenje} * 256$

metrika =  $K1 * \text{razmjerna brzina} + (K2 * \text{razmjerna brzina}) / (256 - \text{teret}) + K3 * \text{razmjerno kašnjenje} * K5 / (\text{pouzdanost} + K4)$

Pretpostavljene K vrijednosti su:

- K1 = 1
- K2 = 0
- K3 = 1
- K4 = 0
- K5 = 0

Koristeći gore navedene K vrijednosti, formula se može pojednostavniti:

metrika = razmjerna brzina + razmjerno kašnjenje  
Kombinirajući ovu formulu s faktorima razmjera, dobivamo:

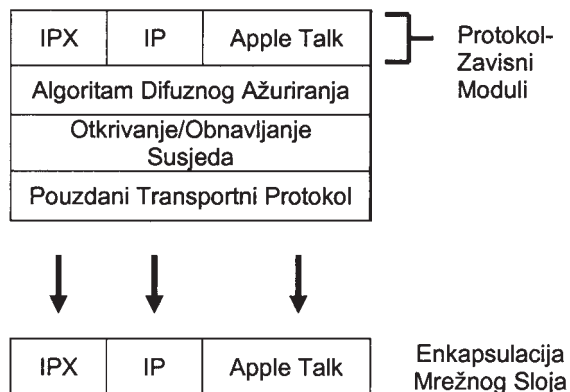
metrika =  $(10000000/\text{min brzina}) + \text{suma kašnjenja} * 256$

EIGRP se sastoji od četiri komponente:

- Protokol-Zavisni Moduli
- Pouzdani Transportni Protokol (Reliable Transport Protocol, RTP)
- Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda
- Algoritam Difuznog Ažuriranja (Diffusing Update Algorithm, DUAL).

### 2.1. Protokol-Zavisni moduli

EIGRP implementira module za IP, IPX i Apple Talk protokole, koji su odgovorni za protokol-specifične zadatke usmjeravanja.



Slika 1.

Kao što slika 1 pokazuje, promet pojedinih modula je enkapsuliran unutar njima određenim protokolima mrežnog sloja. EIGRP za IPX, na primjer, se prenosi unutar IPX paketa.

### 2.2. Pouzdani Transportni Protokol

RTP upravlja dostavom i primanjem EIGRP paketa. Pouzdana dostava znači da je dostava garantirana i da će paketi biti primljeni u pravom redosljedu.

Garantirana dostava je postignuta Ciscovim algoritmom poznatim kao *pouzdana multicast*, korištenjem rezerviranja, klase D, adrese 224.0.0.10. Svaki susjed koji primi pouzdani multicast paket će unicastno poslati potvrdu.

Redosljed paketa je osiguran s dva broja sekvenci. Svaki paket sadrži broj sekvence dodijeljen od strane pošiljatelja. Ovaj broj je povećan za jedan svaki put kad usmjerivač pošalje novi paket. Uz ovaj broj, pošiljatelj stavlja u paket broj sekvence zadnjeg primljenog paketa ciljnog usmjerivača.

U nekim slučajevima, RTP može koristiti nepouzdana prijenos. U ovu svrhu nije potrebna potvrda paketa, te broj sekvence neće biti uključen u EIGRP pakete.

EIGRP koristi više tipova paketa, od kojih su svi identificirani brojem protokolal 88 u IP zaglavlju.

- *Hello* paketi se koriste u procesu otkrivanja i obnavljanja susjeda. Hello paketi su multicast i koriste nepouzdana prijenos.
- *Potvrde* (ACKs) su Hello paketi bez podataka. ACKs su uvijek unicast i koriste nepouzdana prijenos.
- *Osvježenja* šire informacije o putovima. Za razliku od RIP i IGRP osvježenja, ovi paketi se prenose samo kad je potrebno, sadrže samo potrebne informacije, i šalju se samo onim usmjerivačima kojima su te informacije potrebne. Kada su osvježenja potrebna specifičnom usmjerivaču, oni su unicast, dok kada su potrebni za više usmjerivača, kao na primjer kad dođe do promjene metrike ili topologije, oni su multicast. Osvježenja uvijek koriste pouzdani prijenos.
- *Upiti i Odgovori* se koriste u DUAL konačnom automatu za upravljanje difuznim računanjem. Upiti mogu biti multicast ili unicast, dok su odgovori uvijek unicast. Oba koriste pouzdani prijenos.
- *Zahtjevi* su bili vrsta paketa izvorno predviđena za korištenje u usmjerivačima. Ova aplikacija nije nikad implementirana.

Ako paket, koji je pouzdano multicast-an, nije potvrđen od susjeda, bit će ponovno poslan unicast-no istom susjedu, te ako potvrda nije primljena nakon 16 takvih retransmisija, susjed će biti proglašen nefunkcionalnim.

Vrijeme čekanja na potvrdu prije prelaska s multicast-a na unicast je određeno s *multicast flow timer*-om. Vrijeme između dva uzastopna unicast-a je određeno s *retransmission timeout*-om (RTO). Oba vremena se računaju za svakog susjeda iz *smooth round-trip time* (SRTT). SRTT je srednje vrijeme trajanja, u milisekundama, između prijena paketa susjedu i primitka potvrde. Formule za računanje točnih vrijednosti SRTT-a, RTO-a i multicast flow timer-a su zaštićene.

### 2.3. Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda

Budući da su EIGRP osvježenja neperiodična, važno je imati proces u kojem su susjedi – EIGRP usmjerivači na direktno spojenim mrežama – otkriveni i praćeni. U

većini mreža Hello paketi su multicast-ani svakih 5 sekundi, umanjeno za kratko slučajno vrijeme kako bi se izbjegla sinkronizacija. Na multipoint X.25, Frame Relay i ATM sučeljima, s brzinama T1 ili sporije, Hello paketi su unicast-ani svakih 60 sekundi. Ovi dulji Hello intervali su također specifični i za ATM SVC-e i ISDN PRI sučelja. U svim slučajevima, Hello paketi se ne potvrđuju.

Kad usmjerivač primi Hello paket od susjeda, on će sadržati vrijeme čekanja. Vrijeme čekanja govori usmjerivaču koliko da maksimalno čeka na sljedeći Hello paket. U slučaju da predviđeno vrijeme čekanja istekne prije nego je primljen sljedeći Hello paket, susjed se proglašava nedostupnim i DUAL proces je informiran o gubitku susjeda. Uobičajeno je da vrijeme čekanja ima vrijednost tri puta veću od intervala Hello paketa, što znači 180 sekundi za sporije mreže i 15 sekundi za brže. Mogućnost detekcije nedostupnog susjeda unutar 15 sekundi za razliku od 180 sekundi za RIP i 270 sekundi za IGRP jedan je od faktora koji doprinosi brzom konvergenciji EIGRP-a.

Primjer tablice susjeda:

```
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         13 12:00:53   12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0          174 12:00:56   17     200    0    645
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         12 12:00:55   12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0          173 12:00:57   17     200    0    645
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         11 12:00:56   12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0          172 12:00:58   17     200    0    645
```

Stupac Hold nikad neće imati vrijednost veću od vremena čekanja, te nikad ne bi trebao imati vrijednost manju od vremena čekanja umanjeno za Hello interval (osim u slučaju gubitaka Hello paketa).

## 2.4. Algoritam Difuznog Ažuriranja

Filozofija na kojoj se temelji DUAL polazi od stavke da su već i privremene petlje unutar putova štetne za performanse mreže. DUAL koristi difuzno računanje, prvotno predloženo od strane E. W. Dijkstre i C. S. Scholtena, za izvođenje distribuiranog usmjeravanja najkraćim putem bez petlji u bilo kojem trenutku. Iako je puno istraživača pridonijelo razvoju DUAL-a, ipak najviše je dao J.J. Garcia-Luna-Aceves.

### 2.4.1. Preliminarni koncepti

Kako bi DUAL funkcionirao korektno, protokol nižeg nivoa mora osigurati sljedeće uvjete:

- Čvor detektira u konačnom vremenu postojanje novog susjeda ili gubitak veze sa susjedom.
- Sve poruke prenesene preko funkcionalne veze su primljene korektno i u pravom redosljedju u konačnom vremenu.
- Sve poruke, promjene cijene veze, prekidi veza, i notifikacije o novim susjedima su procesirane slijedno u konačnom vremenu i redosljedju detekcije.

Ciscov EIGRP koristi Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda i RTP kako bi osigurao navedene uvjete.

Prije nego možemo obraditi operaciju DUAL-a, potrebno je opisati nekoliko termina i koncepata.

- *Adjacency* – Prilikom startanja, usmjerivač koristi Hello pakete za otkrivanja susjeda i identifikaciju sebe istima. Kad je otkriven susjed, EIGRP će pokušati ostvariti adjacency s tim susjedom. *Adjacency* je virtualna veza između dva susjeda preko koje

se izmjenjuju informacije o putovima. Kada su se uspostavila adjacencies, usmjerivač će primiti osvježenje od svojih susjeda. Osvježenja će sadržati sve putove poznate usmjerivačima koji šalju zajedno s metrikama. Za svaki put, usmjerivač će izračunati udaljenost korištenjem udaljenosti oglašene od susjeda i cijenu veze do tog susjeda.

- *Moguća udaljenost* – Najniža izračunata metrika do svake destinacije postat će *moguća udaljenost* (feasible distance, FD) te destinace. Na primjer, usmjerivač može biti informiran o tri različita puta do podmreže 172.16.5.0. i može izračunati metrike 380672, 12381440 i 660868 za ta tri puta. 380672 će postati FD jer predstavlja najkraću izračunatu udaljenost.

- *Uvjet mogućnosti* – *Uvjet mogućnosti* (feasibility condition, FC) je uvjet koji je zadovoljen ako je susjedova oglašena udaljenost do destinacije kraća od FD-a usmjerivača do te iste destinacije.
- *Mogući nasljednik* – Ako susjedova oglašena udaljenost do destinacije zadovoljava FC, susjed postaje *mogući nasljednik* (feasible successor) za tu destinaciju. Na primjer, ako je FD do pod mreže 172.16.5.0.380672 a susjed oglašava put do te pod mreže s udaljenosti 355072, susjed će postati mogući nasljednik; ako susjed oglašava udaljenost 380928, on neće zadovoljiti FC te neće postati mogući nasljednik. Koncepti mogućeg nasljednika i uvjeta mogućnosti centralni su za izbjegavanje petlji. Budući da su mogući nasljednici uvijek nizvodni (tj., imaju manju udaljenost do destinacije od moguće udaljenosti), usmjerivač nikad neće odabrati put koji će voditi natrag kroz njega samog. Takav put bi, naravno, imao udaljenost veću od FD-a. Svaka destinacija za koju postoji jedan ili više mogućih nasljednika spremi će se u tablici topologije, zajedno sa sljedećim podacima:
  - FD destinacije
  - svi mogući nasljednici
  - oglašena udaljenost svakog mogućeg nasljednika do destinacije
  - lokalna izračunata udaljenost do destinacije preko svakog mogućeg nasljednika, zasnovana na oglašenoj udaljenosti mogućeg nasljednika i cijene veze do tog nasljednika
  - sučelje spojeno na mrežu, na kojem je nađen svaki pojedini mogući nasljednik.
- *Nasljednik* – Za svaku destinaciju koja se nalazi u tablici topologije, izabere se put s najmanjom metrikom i stavi u tablicu usmjeravanja. Susjed koji oglašava ovaj put postaje *nasljednik* kome se šalju paketi namijenjeni toj destinaciji.

#### 2.4.2. DUAL Konačni Automat

Kada EIGRP usmjerivač ne obavlja difuzna računanja, svaki put je u pasivnom stanju.

Usmjerivač će kontrolirati svoju listu mogućih nasljednika za put u slučaju pojave *ulaznog događaja*. Ulazni događaj može biti:

- Promjena cijene direktno spojene veze
- Promjena statusa (radi/ne radi) direktno spojene veze
- Prijam paketa osvježenja
- Prijam paketa upita
- Prijam paketa odgovora.

Prvi korak kontrole je lokalno računanje u kojem se računa udaljenost do destinacije za sve moguće nasljednike. Mogući rezultati su:

- Ako je mogući nasljednik s najkraćom udaljenosti različit od postojećeg nasljednika, mogući nasljednik postat će nasljednik.

- Ako je nova udaljenost manja od FD-a, FD će se ažurirati.
- Ako je nova udaljenost različita od postojeće, osvježenja će biti poslana svim susjedima.

Dok usmjerivač obavlja lokalno računanje, put ostaje u pasivnom stanju. Ako je pronađen mogući nasljednik, osvježenje se šalje svim susjedima i ne dolazi do promjene stanja.

Ako se tablici topologije ne može pronaći mogući nasljednik, usmjerivač će započeti s difuznim računanjem i stanje puta će prijeći u aktivno. Sve dok difuzno računanje nije završeno i stanje puta ponovno pasivno, usmjerivač ne može:

- Promijeniti nasljednika za put
- Promijeniti udaljenosti koju oglašava za put
- Promijeniti FD puta
- Započeti sa sljedećim difuznim računanjem za put.

Usmjerivač započinje s difuznim računanjem slanjem upita svim svojim susjedima. Upit će sadržati novu lokalno izračunatu udaljenost do destinacije. Svaki susjed će, nakon primanja upita, obaviti svoje lokalno računanje:

- Ako susjed ima jednog ili više mogućih nasljednika za destinaciju, poslat će odgovor izvornom usmjerivaču. Odgovor će sadržati susjedovu minimalnu lokalno izračunatu udaljenost do destinacije.
- Ako susjed nema mogućeg nasljednika, on će također promijeniti stanje puta u aktivno i započeti s difuznim računanjem.

Za svakog susjeda kojem je poslan upit, usmjerivač će postaviti zastavicu *status odgovora* kako bi pratio sva aktivne upite. Difuzno računanje je završeno u trenutku kada je usmjerivač primio odgovore na sve poslanske upite.

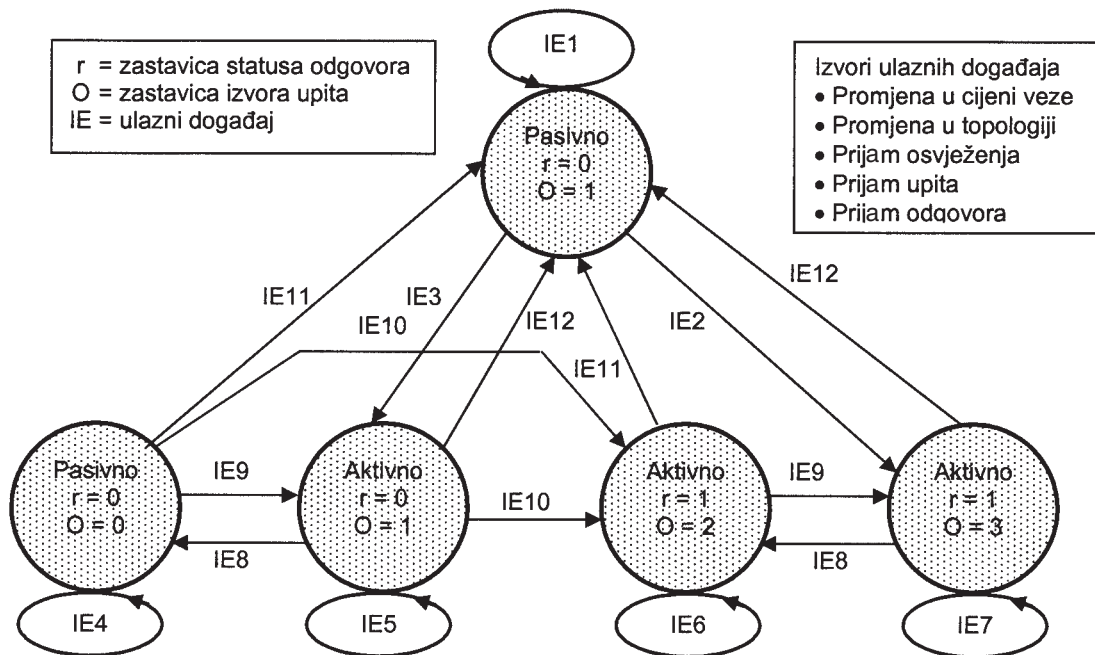
U nekim slučajevima, usmjerivač ne primi odgovor na sve poslanske upite. Na primjer, ovo se može dogoditi u velikim mrežama s mnogo veza malih brzina i loše kvalitete. Na početku difuznog računanja, Aktivni timer je postavljen na 3 minute. Ako svi očekivani odgovori nisu primljeni prije isteka Aktivnog imera, put je deklariran kao *stuck-in-active* (SIA). Susjed ili susjedi koji nisu odgovorili bit će maknuti iz tablice susjeda, i difuzno računanje će pretpostaviti da je susjed odgovorio s beskonačnom metrikom.

Pri završetku difuznog računanja, izvorni usmjerivač će postaviti FD na beskonačno kako bi se osiguralo da bilo koji susjed koji odgovara s konačnom udaljenosti do destinacije zadovoljav FC i postaje mogući nasljednik. Za svaki odgovor, računa se metrika korištenjem udaljenosti oglašene u odgovoru i cijene veze do susjeda koji je poslao odgovor. Nasljednik je odabran pronalaženjem najkraće metrike, a FD je postavljen upravo na tu metriku. Bilo koji mogući nasljednik koji ne zadovoljava FC za ovaj novi FD biti će maknut iz tablice topologije. Treba spomenuti da nasljednik nije izabran sve dok ne stignu svi odgovori.

Budući da postoji više vrsta ulaznih događaja koji mogu izazvati promjenu stanja puta, od kojih se neki mogu pojaviti dok je put aktivan, DUAL definira više aktivnih stanja. Zastavica *izvor upita* (query origin, O) se koristi za označavanje trenutnog stanja. Slika 2 i tablica 1 prikazuju kompletni DUAL konačni automat.

### 2.5. Formati EIGRP Paketa

IP zaglavlje EIGRP paketa specificira broj protokola 88, a maksimalna duljina paketa je IP maksimalna prijenosna jedinica (Maximum Transmission Unit, MTU) – obično 1500 okteta. Nakon IP zaglavlja slijedi EIGRP zaglavlje iza kojeg se nalaze različite Tip/Du-



Slika 2.

Tablica 1.

Ulazni Događaj	Opis
IE1	Bilo koji ulazni događaj za koji je FC zadovoljen ili je destinacija nedostupna
IE2	Upit primljen od nasljednika; FC nije zadovoljen
IE3	Ulazni događaj različit od upita od nasljednika; FC nije zadovoljen
IE4	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora ili upita od nasljednika
IE5	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora, upita od nasljednika, ili porast udaljenosti do destinacije
IE6	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora
IE7	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora ili porast udaljenosti do destinacije
IE8	Porast udaljenosti do destinacije
IE9	Prijam zadnjeg odgovora; FC nije zadovoljen sa trenutnim FD-om
IE10	Upit primljen od nasljednika
IE11	Prijam zadnjeg odgovora; FC zadovoljen sa trenutnim FD-om
IE12	Prijam zadnjeg odgovora; postavi FD na beskonačno

ljina/Vrijednost (Type/Length/Value, TLV) trojke. Ovi TLV-i neće samo sadržati putove već također mogu predstavljati polja za upravljanje DUAL procesom, multicast sekvenciranjem, i IOS programskim verzijama.

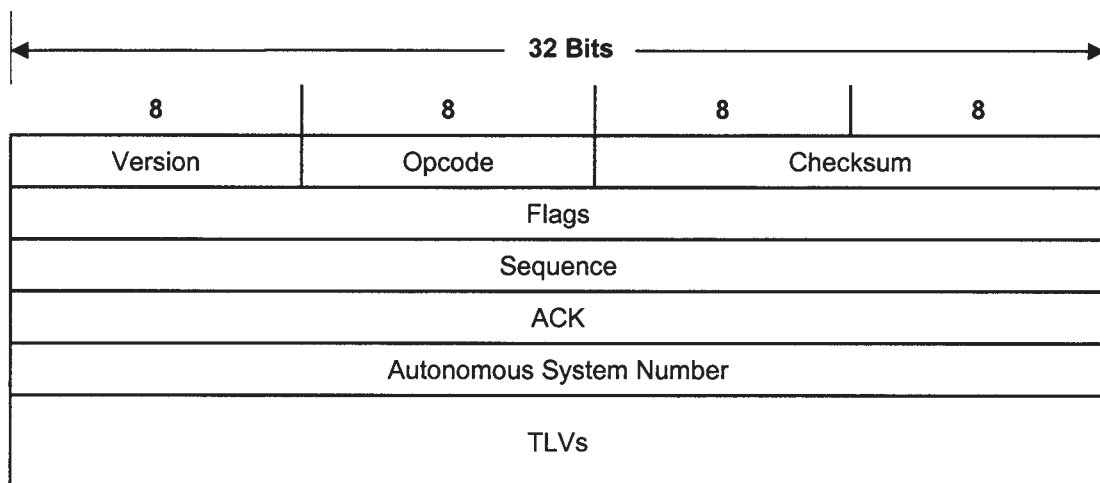
#### 2.5.1. Zaglavlje EIGRP paketa

Slika 3 prikazuje EIGRP zaglavlje koje započinje svaki EIGRP paket. Pojedina polja zaglavlja opisana su u nastavku.

- *Version* – Specificira određenu verziju izvorišnog EIGRP procesa. Iako su trenutačno dostupna dva izdanja EIGRP-a, verzija EIGRP procesa se nije promijenila.
- *Opcode* – Specificira tip EIGRP paketa, kao što se vidi u tablici 2.

Tablica 2.

Opcode	Tip
1	Osvježenje
3	Upit
4	Odgovor
5	Hello
6	IPX SAP



Slika 3.

- *Checksum* – Predstavlja standardni IP checksum. Računa se za cijeli EIGRP paket, izuzevši IP zaglavlje.
- *Flags* – trenutačno postoje samo dvije zastavice. Krajnje desni bit je *Init*, koji kada je postavljen (0x00000001) označava da su sadržani podaci o putovima prvi u vezi s novim susjedom. Drugi bit (0x00000002) je *Conditional Receive* bit, koji se koristi u Pouzdanom Multicast algoritmu.
- *Sequence* – Predstavlja 32-bitni broj sekvence korišten od strane RTP-a.
- *ACK* – Predstavlja 32-bitni broj sekvence zadnjeg paketa kojeg je susjed primio. Hello paket s ACK poljem različitim od nule tretirat će se kao ACK paket prije nego Hello paket. Treba spomenuti da će ACK polje biti različito od nule ako je paket unicast jer potvrde prijenosa nikad nisu multicast.
- *Autonomous System Number* – Predstavlja identifikacijski broj EIGRP domene.

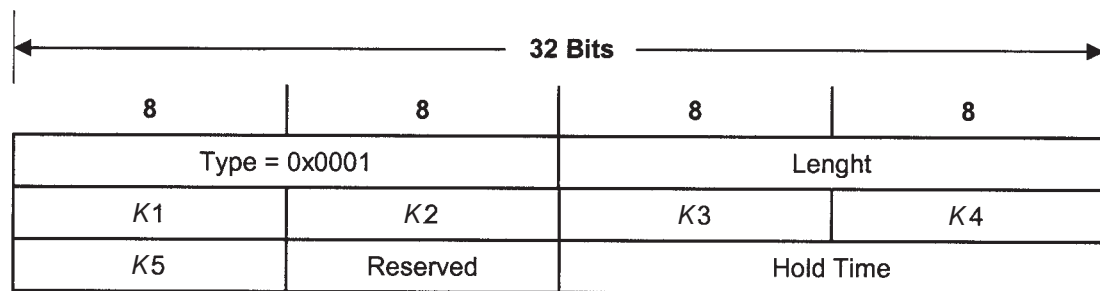
TLV-i slijede zaglavlje, čiji različiti tipovi su prikazani u tablici 3. Svaki TLV sadrži dvo-oktetni tip, dvo-oktetnu duljinu i polje varijabilne duljine čiji format je određen tipom.

Tablica 3.

Broj	TLV Tip
<i>Opći TLV Tipovi</i>	
0x0001	EIGRP Parametri
0x0003	Sekvenca
0x0004	Verzija Programa
0x0005	Sljedeća Multicast Sekvenca
<i>IP-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0102	IP Interni Putovi
0x0103	IP Eksterni Putovi
<i>Apple Talk-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0202	Apple Talk Interni Putovi
0x0203	Apple Talk Eksterni Putovi
0x0204	Apple Talk Konfiguracija Kabela
<i>IPX-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0302	IPX Interni Putovi
0x0303	IPX Eksterni Putovi

2.5.2. Opća TLV polja

Ovi TLV-ovi sadrže EIGRP upravljačke informacije i nisu specifični za pojedine protokole usmjeravanja. TLV parametara, koji se koriste za transport metričkih težina i vremena zadržavanja, prikazan je na slici 4.



Slika 4.

### 2.5.3. IP-Specifična TLV polja

Svaki TLV Internog i Eksternog Puta sadrži zapis o jednom putu. Svaki paket Osvježnja, Upita i Odgovora sadrži barem jedan TLV Puta.

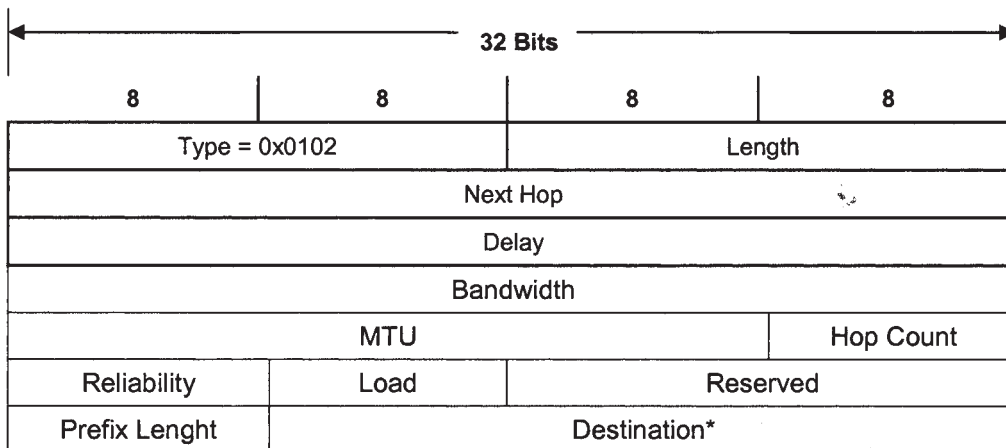
TLV-i Internih i Eksternih Putova nose informacije o metrici za određeni put.

TLV IP Internih putova

Interni put je putanja do destinacije unutar EIGRP autonomnog sustava. Format TLV-a Internih Putova prikazan je na slici 5.

5-minutnom srednjom vrijednosti eksponencijalne razdiobe. 0xFF označava 100% pouzdanu vezu.

- *Load* – Također predstavlja broj između 0x01 i 0xFF, te prikazuje ukupan izlazni promet sučelja puta, računan s 5-minutnom srednjom vrijednosti eksponencijalne razdiobe. 0x01 označava minimalno opterećenu vezu.
- *Reserved* – Polje koje se ne koristi i uvijek je 0x0000.
- *Prefix Length* – Specificira broj bitova maske adrese.
- *Destination* – Predstavlja adresu destinacije puta.



\*Ovo je polje varijabilno. Ako mu je duljina različita od tri okteta, TLV-u će se dodati nule do sljedeće granice od četiri okteta. Na primjer, ako je adresa destinacije 10.1, polje Destination će imati dva okteta nakon čega će slijediti dopuna 0x00. Ako je adresa 192.168.16.64, polje Destination će imati četiri okteta i slijedit će ga dopuna 0x000000.

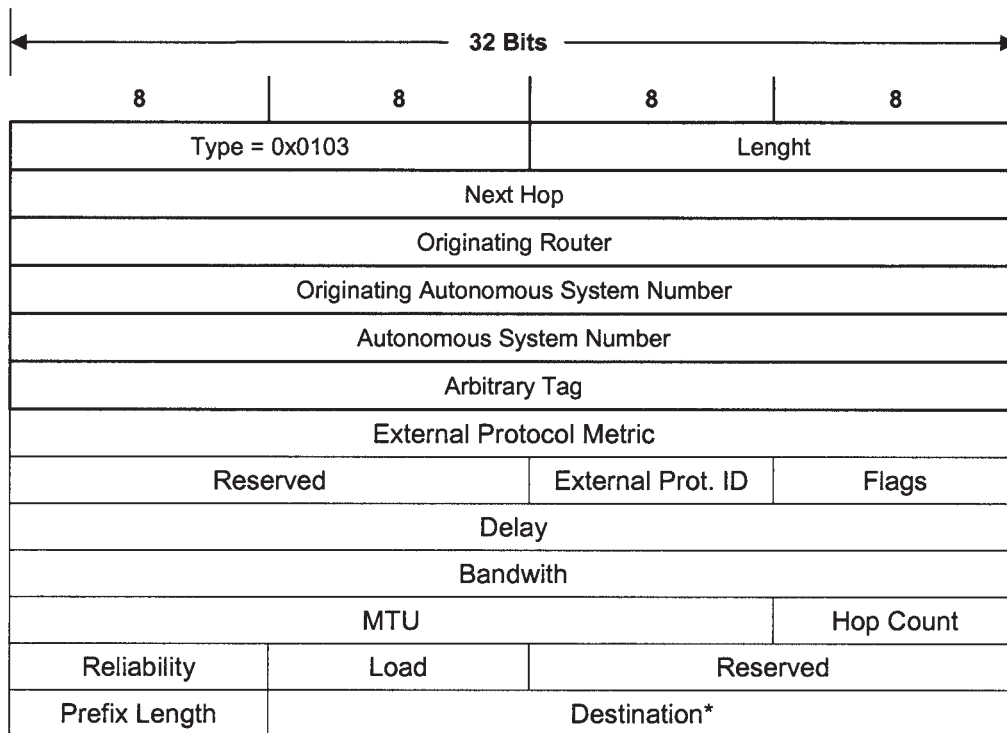
Slika 5.

- *Next Hop* – Specificira IP adresu sljedećeg računala kojem se paket šalje. Ova adresa može a ne mora biti adresa izvornog usmjerivača.
- *Delay* – Predstavlja sumu konfiguriranih kašnjenja prikazanih u jedinicama od 10 mikrosekundi. Za razliku od 24-bitnog kašnjenja IGRP paketa, ovo polje je 32-bitno. Ovo veće polje osigurava konstantu množenja (256) korištenu EIGRP-om. Kašnjenje od 0xFFFFFFFF indicira nedostupan put.
- *Bandwidth* – Predstavlja broj 2 560 000 000 podijeljen s najnižom brzinom bilo kojeg sučelja koji je dio puta. Kao i polje kašnjenja, ovo polje je također osam bita dulje nego IGRP polje.
- *MTU* – Predstavlja najmanju maksimalnu transmisijsku jedinicu bilo koje veze puta do destinacije. Iako je uključen parametar, nikad se ne koristi u računanju metrika.
- *Hop Count* – Predstavlja broj između 0x01 i 0xFF koji označava broj skokova paketa do destinacije. Usmjerivač oglašava direktno spojevu mrežu s brojem skokova 0; sljedeći usmjerivački spremaju i oglašavaju put u odnosu na usmjerivač sljedećeg skoka.
- *Reliability* – Predstavlja broj između 0x01 i 0xFF koji prikazuje omjere pograška sučelja puta, računan s

#### TLV IP Eksternih putova

Eksterni put je putanja koja vodi do destinacije izvan EIGRP autonomnog sustava i koja je redistribuirana u EIGRP domeni. Slika 6 prikazuje format TLV-a Eksternih Putova.

- *Next Hop* – Predstavlja IP adresu sljedećeg skoka. U mreži s više pristupa, usmjerivač koji oglašava put ne mora biti najbolji usmjerivač sljedećeg skoka do destinacije. Na primjer, EIGRP usmjerivač na Ethernet vezi također može podržavati i BGP protokol i može oglašavati put dobiven BGP-om u EIGRP autonomni sustav. Zato što ostali usmjerivači na vezi ne podržavaju BGP, oni nemaju načina na koji bi saznali da je BGP sučelje najbolja adresa sljedećeg skoka.
- *Originating Router* – Predstavlja IP adresu ili ID usmjerivača koji je redistribuirao eksterni put u EIGRP autonomni sustav.
- *Originating Autonomous System Number* – Predstavlja broj autonomnog sustava usmjerivača koji je izvor puta.
- *Arbitrary Tag* – Može se koristiti za prijenos tag-ova postavljenih mapama putova.
- *External Protocol Metric* – Predstavlja, kao što naziv kaže, metriku eksternog protokola. Ovo polje se



\*Ovo polje je varijabilno. Ako mu je duljina različita od tri okteta, TLV-u će se dodati nule do sljedeće granice od četiri okteta. Na primjer, ako je adresa destinacije 10.1, polje Destination će imati dva okteta nakon čega će slijediti dopuna 0x00. Ako je adresa 192.168.16.64, polje Destination će imati četiri okteta i slijedit će ga dopuna 0x000000.

Slika 6.

koristi, tijekom redistribucije s IGRP-om, za praćenje IGRP metrike.

– *Reserved* – Polje koje se ne koristi i uvijek je 0x0000.

– *External Protocol ID* – Specificira protokol od kojeg je eksterni put dobiven.

Tablica 4 prikazuje moguće vrijednosti ovog polja.

Tablica 4.

Kod	Eksterni Protokol
0x01	IGRP
0x02	EIGRP
0x03	Statički Put
0x04	RIP
0x05	Hello
0x06	OSPF
0x07	IS-IS
0x08	EGP
0x09	BGP
0x0A	IDRP
0x0B	Spojena Veza

– *Flags* – Trenutačno postaje samo dvije zastavice. Ako je krajnje desni bit postavljen (0x01), put je eksterni. Ako je postavljen drugi bit (0x02), put je kandidat za pretpostavljeni put.

Ostala polja opisuju metriku i adresu destinacije. Opisi ovih polja isti su onima danim u diskusiji TLV-ova internih putova.

### 3. ZAKLJUČAK

Ovim člankom pokušano je opisati način usmjeravanja podatkovnih paketa unutar UCTE mreže Electronic Highway. Čitajući o svim detaljima dinamičkih protokola usmjeravanja, teško je ne zaključiti da je dinamičko usmjeravanje uvijek bolje od statističkog. Važno je zapamtiti da je primarna zadaća dinamičkog protokola usmjeravanja automatsko detektiranje i adaptacija topološkim promjenama u mreži. Cijena ovog "automatizma" plaćena je brzinom i vjerojatno prostorom reda, u memoriji, a također i vremenom procesiranja.

Česta primjedba statičkom usmjeravanju je težina same administracije. Ova kritika može biti istinita za srednje i velike topologije s mnogo alternativnih putova, ali zasigurno nije istinita za male mreže s nekoliko ili niti jednim alternativnim putom.



Budući da Electronic Highway ima topologiju isprepletene mreže, kao najbolji izbor protokola usmjerenja nametnuo se EIGRP jer pokazuje najbolje performanse u takvom tipu mreže. Kako je Electronic Highway mreža još u razvoju, te se broj priključenih čvorova povećava, vrijeme će pokazati je li izbor bio pravi.

#### LITERATURA

- [1] J. DOYLE, "Routing TCP/IP", Volume 1, Cisco Press  
 [2] A. RETANA, D. SLICE, R. WHITE, "Advanced IP Network Design", Cisco Press  
 [3] URL: <http://www.rhyshaden.com/eigrp.htm>, 23.07.2003

#### EIGRP – ELECTRONIC HIGHWAY ROUTING PROTOCOL

The content of the paper is the EIGRP dynamic routing protocol in Electronic Highway network. EIGRP has four functional parts: protocol related modules, Reliable Transport Protocol, determination of neighbours and algorithm of diffused refreshment, which are separately described. Algorithm of diffused refreshment has been particularly emphasised because it is the backbone of EIGRP functioning. Also, different formats of EIGRP packages are presented.

#### HINLENKUNGSANWEISUNGEN ZU DEN ELEKTRONISCHEN BREITBANDWEGEN

Der Artikel befasst sich mit den dynamischen inneren Rechneranweisungen\*) der Hinlenkung isotrop erzeugter Strahlungsleistung auf erweiterte elektronische Breitbandwege\*\*). Vom Ablauf und Einwirkung dieser Anweisungen gesehen, bestehen sie aus folgenden vier, jeweils einzeln beschriebenen, Rechneranweisungen beinhaltenden Bausteinen mit folgenden Inhalten: Zuverlässigkeitsanweisungen der Übertragung, Verfahren des Auffindens oder Wiedergestaltens von Nachbarlösungen und Rechnerregeln für die Aufgabe den richtigen Weg in einem bestimmten Zusammenhang zu bringen\*\*\*). Grösster Augenmerk ist diesem Algorithmus gewidmet, da er das wesentliche in der Gesamtheit der Anweisungen darstellt. Ebenso sind verschiedene Formate der gesamten Anweisungen geschildert.

\*) englisch: Protocol

\*\*) englisch: EIGRP = Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

\*\*\*) englisch: DUAL = Diffusing update algorithm

Naslov pisca:

**Ivan Janeš, dipl. ing.  
 HEP - Prijenos d.o.o.  
 Ulica grada Vukovara 37  
 10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2003 – 07 – 31.

#### ISPRAVAK

U ENERGIJI broj 6 (2003.) na kraju članka "Opravdanost proširenja 400 kV mreže i primjena tehnologije kompaktiranja", autora Ivana Grozdanića piše:

**Ivan Grozdanić, dipl. ing.  
 Elektroprojekt d.d.  
 Alexandera von Humboldta 4  
 10000 Zagreb, Hrvatska**

a treba pisati:

**Ivan Grozdanić, dipl. ing.  
 Dalekovod d.d.  
 Ulica grada Vukovara 37  
 10000 Zagreb, Hrvatska**

Ispričavamo se autoru, a čitatelje molimo za razumijevanje.

Uredništvo

