

Primjena HSRP protokola u lokalnoj mreži

The use of HSRP network portocol in Local Area Network

¹Aleksandar Skendžić, ²Luka Ljubičić, ³Josip Romac

¹³Visoka škola za informacijske tehnologije VSITE, Klaićeva 7, 10 000 Zagreb

² Hrvatski zavod za mirovinsko osiguranje, Mihanovićeveva 3, 10 000 Zagreb

e-mail: ¹askendzic@vsite.hr, ²luka.ljubicic@mirovinsko.hr, ³josip.romac@vsite.hr

Sažetak: Rad opisuje uporabu protokola usmjerivača u stanju pripravnosti (engl. Hot Standby Routing Protocol - HSRP) na primjeru lokalne mreže (engl. Local Area network - LAN). HSRP protokol koristi se za redundanciju na trećem mrežnom sloju OSI (engl. Open Systems Interconnection) modela, odnosno upotrebu zamjenskih mrežnih uređaja unutar LAN-a. Primjena HSRP protokla demonstrirana je na mrežnim usmjerivačima proizvođača mrežne opreme Cisco.

Ključne riječi: HSRP, Cisco, LAN, usmjerivački protokol, redundantnost

Abstract: This paper describes the use of Hot Standby Routing Protocol (HSRP) in example of Local Area Network (LAN). HSRP protocol offers network redundancy at third OSI (Open Systems Interconnection) network layer, the use alternate network devices equipment within LAN respectively. The use of HSRP protocol was demonstrated on Cisco network routers.

Keywords: HSRP, Cisco, LAN, Routing Protocol, redundancy

1. Uvod

Usmjerivači i preklopnici ključna su oprema u računalnoj mreži. U postupku planiranja računalne mreže nužno je osigurati redundantnost mrežne opreme kako bi se poboljšala pouzdanost i stabilnost [1]. Kroz mrežnu redundantnost osigurava se mrežne dostupnost u slučaju ispada ili kvara uređaja. Pri tome nužno je osigurati sigurnosni mehanizam, odnosno pričuvni sustav mrežne infrastrukture koja preuzima ulogu mrežnoga prijenosa u slučaju ispada mreže [2].

Mrežna redundantnost ostvaruje se kroz alternativne mrežne putove, a temelji se na aktivnoj/pasivnoj mrežnoj opremi koja preuzima ulogu kada primarni put postane nedostupan. Pri tome se događa minimum zastoja te se nastavlja neometan rad svih mrežnih usluga. S druge strane, redundantnost povećava pouzdanost rada sustava. Cilj visoke dostupnosti sustava osigurati je dostupnost servisa u slučaju kvara ili neočekivanoga ispada uređaja.

Kada se govori o redundantnosti mrežni sustavi mogu raditi u dva načina rada i to *failover* i *switchover*, pri čemu isti predstavljaju jednake redundantne operacije [3].

Failover redundantni način rada dio je sustava visoke dostupnosti i automatizirano aktivira pričuvni sustav bez upozorenja, dok *switchover* zahtjeva korisničku intervenciju [3]. Kada se govori o elementima redundantnih konfiguracija tipa *failover*, važno je napomenuti tri sustava koji zahtijevaju takav tip konfiguracije [4]:

- sustav napajanja,

- mrežne veze,
- poslužiteljski kapaciteti.

2. HSRP protokol i redundantnost

Hot Standby Routing Protocol (HSRP) protokol, odnosno protokol usmjerivača u pripravnom stanju, je Cisco protokol redundancije za uspostavljanje zadanoga mrežnoga pristupnika (engl. *Gateway*). Pri tome redundantnost mrežnoga uređaja temelji se na trećem mrežnom sloju OSI¹ modela (engl. *Layer 3*), a kojemu je zadana mrežna adresa pristupnika. HSRP na trećem mrežnom sloju omogućava skup mrežnih sučelja usmjerivača u jedan virtualni, a koji može biti zadani pristupnik svim hostovima u lokalnoj mreži. Iako se koristi za redundanciju kod Cisco usmjerivača, HSRP nije protokol usmjeravanja jer ne oglašava mrežne smjerove (engl. *Routes*) niti utječe na tablicu usmjeravanja (engl. *Routing table*) [5]. Protokoli za *Layer 3* redundanciju nose skupni naziv *First Hop Redundancy Protocols* (FHRP), odnosno protokoli koji osiguravaju dostupnost zadanog pristupnika.

U *Layer 3* FHRP mrežene protokole pripadaju:

- HSRP, samo za Cisco mrežnu opremu, razvijen 1994. godine,
- *Virtual Router Redundancy Protocol* - VRRP, opisan u RFC 2338²[8] razvijen 1998. i nastao prema uzoru na HSRP,
- *Gateway Load Balancing Protocol* - GLBP, samo za Cisco mrežnu opremu, razvijen 2005. godine.,

HSRP protokol v2.0 uvodi poboljšanja u okviru stabilnosti, poboljšanoga upravljanja, ali nije kompatibilan s prethodnom verzijom 1.0. Glavna značajka HSRP v2 je podrška za IPv6 te povećan broj HSRP grupa sa 256 na 4096. Također, HSRP v2 omogućava indentifikaciju fizičkoga uređaja koji odašilje pozdravnu poruku unutar HSRP-a uvodeći poseban indentifikator unutar formata okvira poruke [6].

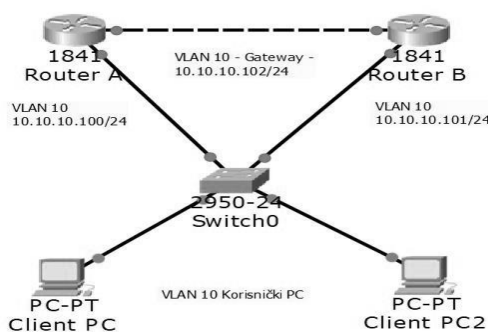
2.1. Aktivni i pričuvni mrežni usmjerivači

Osnovni koncept HSRP-a temelji se na činjenici da je jedan izabrani usmjerivač iz grupe usmjerivača odgovoran za prosljeđivanje mrežnih paketa, odnosno onih koji klijenti šalju prema virtualnoj adresi usmjerivača. Izabrani usmjerivač definiran je kao aktivni usmjerivač (engl. *Active router*) te odgovara na ARP (*Address Resolution Protocol*) zahtjeve s virtualnim MAC adresama. Ako primarni usmjerivač ne uspije, usmjerivač sa sljedećim najvećim prioritetom preuzima IP adresu pristupnika i odgovara na ARP zahtjev, dok je drugi usmjerivač u ulozi stanja pripravnosti (engl. *Standby router*). Primjer koncepta HSRP-a dan je na slici 1.

¹ OSI – *Open System Interconnection* - referentni model za otvoreno povezivanje sustava, apstraktno opisuje arhitekture mreže.

² RFC 2338; <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2338>

Slika 1. Osnovni koncept HSRP-a



Izvor: autori

2.2. Format HSRP okvira

HSRP protokol sadrži poseban format UDP mrežnoga okvira, a koji je prikazan na slici 2. UDP HSRP mrežni okvir sadrži ključna polja i to: *Hello*time, *Hold*time, *Priority* te polje *Virtual IP* address.

Slika 2. Sadržaj formata UDP HSRP okvira

Version	Op Code	State	Hello time
Holdtime	Priority	Group	Reserved
Authentication Data			
Authentication Data			
Virtual IP Address			

Izvor: www.cisco.com

Kod podešavanja usmjerivača HSRP protokolom isti međusobno razmjenjuju informacije pozdravnim porukama (engl. *Hello* messages) [7]. Pozdravne poruke međusobno razmjenjuju svi povezani usmjerivači podešeni HSRP-om, a koji se šalju prema rezerviranoj višesmjernoj (engl. *multicast*) određenoj IP adresi 224.0.0.102³ *User Datagram Protocol* - UDP protokolom i portom 1985. Rezervirana višesmjerna IP adresa 224.0.0.102 koristi se za komunikaciju sa svim povezanim usmjerivačima.

Aktivni usmjerivač šalje pozdravne poruke iz vlastite IP adrese i HSRP virtualne *Medium Access Control* - MAC adrese, dok pripralni usmjerivač šalje pozdravne poruke iz vlastite IP adrese i fizičke MAC adrese, a sve kako bi se HSRP usmjerivači mogli međusobno identificirati [7]. Svi virtualni usmjerivači koriste MAC adresu oblika 0000.0c07.acXX gdje je XX predstavlja identifikaciju (ID) grupe [8].

Aktivni usmjerivač uvijek odgovara na virtualnu IP adresu, dok ostali usmjerivači kontinuirano provjeravaju status te vrše provjeru tko od usmjerivača ima najviši prioritet. Uslijed nedostupnosti ili kvara usmjerivača te njegovim ponovnim aktiviranjem, usmjerivač s najvišim prioritetom postaje aktivan te ponovno preuzima sav mrežni promet.

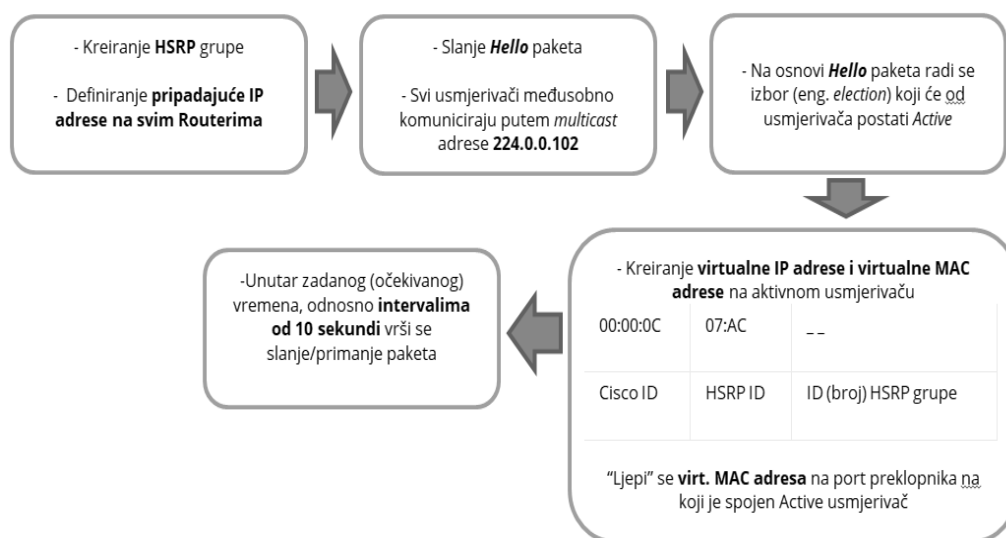
Polje *Hello*time zauzima 1 oktet u okviru, a sadrži procjenjeni vremenski period izražen u sekundama između dvije poruke koje šalje usmjerivač. Zadana vrijednost ovog polja je 3 sekunde.

³ U verziji HSRP 1.0 *multicast* IP adresa je 224.0.0.2

Polje *Holdtime* odnosi se na vrijeme unutar kojeg se smatra da su pozdravne poruke ispravne, dok je zadana vrijednost ovog polja 10 sekundi. Vrijeme čekanja (engl. *Holdtime*) predstavlja zadano vrijeme prije nego pripravní usmjerivač preuzme ulogu aktivnog usmjerivača uslijed kvara ili nedostupnosti. Zadano vrijeme čekanja je 10 sekundi u obje verzije HSRP-a (v1 i v2), što je približno tri puta više od zadanog vremena pozdravne poruke te predstavlja optimalno vrijeme [9].

Polje prioriteta (engl. *Priority*) se odnosi na prioritet usmjerivača, a može poprimiti vrijednost od 0 – 255 pri čemu veća vrijednost znači i veći prioritet. Polje *Virtual IP Address* predstavlja polje u kojem se nalazi virtualna IP adresa usmjerivača. S druge strane, ukoliko IP adresa nije podešena na usmjerivaču, ista se može saznati iz pozdravne poruke aktivnog usmjerivača to samo onda ukoliko na pripravnom usmjerivaču nije podešena niti jedna IP adresa. Slika 3. prikazuje rad HSRP-a i tok poruka.

Slika 3. Tok HSRP poruka



Izvor: autori

2.3. Redundantnost i balansiranje opterećenja

Za razliku od HSRP protokola koji je zadužen za redundantnost, GLBP (engl. *Gateway Load Balancing Protocol*), osim redundantnosti, omogućava i uravnoteženo opterećenje (engl. *Load Balancing*). S obzirom da HSRP i GLBP pripadaju FHRP tipu protokola, moguće ih je usporediti. S ograničenjem od maksimum 4 usmjerivača po grupi, GLBP koristi tri *Load Balancing (LB)* algoritma [10]:

- Round-Robin,
- Host-dependent,
- Weighted.

Specifičnosti *Round-Robin* algoritma u HSRP konfiguraciji temelji se na sekvencijalnom prosljeđivanju mrežnoga prometa s krajnjih korisničkih računala prema usmjerivačima.

Host-dependent LB algoritam raspoređuje mrežni promet usmjeren prema GLBP usmjerivačima na način da će svaki put mrežni promet krajnjih računala prolaziti kroz isti usmjerivač kao što je prikazano na slici 4.

Slika 4. Način rada *Host-dependent LB* algoritma

PC_A <==> Usmjerivač 1 (svaki puta PC1 ide samo na usmjerivač R1),
PC_B <==> Usmjerivač 2 (svaki puta PC2 ide samo na usmjerivač R2),
PC_C <==> Usmjerivač 1 (svaki puta PC3 ide samo na usmjerivač R1),
PC_D <==> Usmjerivač 2 (svaki puta PC4 ide samo na usmjerivač R2)

Izvor: autori

Weighted Load Balancing algoritam na osnovi težinskoga koeficijenta i prioriteta daje veći ili manji prioritet u opterećenju, odnosno slanju prometa na određeni GLBP usmjerivač u odnosu na ostale GLBP usmjerivače [11]. Tako će se na aktivni virtualni prosljeđivač (engl. *Active Virtual Forwarder – AVF*) s većom težinskom vrijednošću preusmjeriti više mrežnog prometa.

Dva su načina rada GLPB-a [12]:

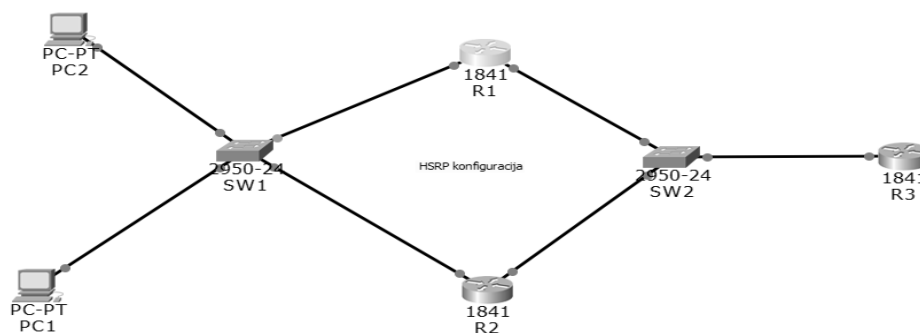
- Kao aktivni virtualni pristupnik (engl. *Active Virtual Gateway - AVG*),
- GLBP u 2-aktivnom virtualnom prosljeđivanju (maksimalno 4 AVF).

AVG dodjeljuje virtualnu MAC adresu svakom članu GLBP grupe, dok svaki pristupnik preuzima odgovornost za prosljeđivanje paketa poslanih na virtualnu MAC adresu koju mu je dodijelio *Active Virtual Gateway*. Dijeljenje opterećenja postiže se tako što AVG odgovara na ARP zahtjeve s različitim virtualnim MAC adresama. S druge strane, GLBP grupa dopušta do četiri virtualne MAC adrese po grupi.

3. Lokalna mreža i HSRP

Za primjer uporabe HSRP protokola u mrežnoj konfiguraciji u simuliranom testnom okruženju simulatora Cisco Packet Tracer izrađen je model mreže s dva usmjerivača (R1 i R2) koja su konfigurirana HSRP-om a koji je prikazan na slici 5. Simuliranim prekidom mrežne veze usmjerivača R1, mrežni promet je preusmjeren prema usmjerivaču R3 preko usmjerivača R2 koji je prethodno podešen u stanje pripravnosti te je prekidom veze postao aktivan. Također, isti događaj testiran je i prekidom mrežne veze usmjerivača R2 s posljedicom da se je mrežni promet odvijao nesmetano.

Slika 5. Primjena HSPR protokola u testnom okruženju



Izvor: autori

Slika 6. prikazuje primjer mrežne konfiguracije dva usmjerivača R1 i R2 za dvije definirane HSRP grupe 1 i 10. Za primjetiti je razine HSRP prioriteta grupe *priority 100* i *priority 105*.

Prioriteti u HSRP konfiguracijama koriste se za odlučivanje koji usmjerivač treba biti aktivan, a koji usmjerivač treba biti u stanju pripravnosti. Prema zadanim postavkama Cisco usmjerivača inicijalna vrijednost prioriteta HSRP grupe je 100, dok vrijednosti mogu biti u rasponu od 0-255 za HSRP verziju 1 i od 0 do 4095 za HSRP verziju 2 [13].

Aktivan je onaj usmjerivač koji ima najveći prioritet i odgovoran je za prosljeđivanje paketa koje hostovi šalju virtualnom usmjerivaču. U slučaju istog prioriteta, usmjerivač s najvišom IP adresom biti će izabran za aktivni usmjerivač. IP adresa 10.10.10.254 predstavlja virtualnu adresu usmjerivača kroz koju prolazi mrežni promet.

Slika 6. *Primjer mrežne konfiguracije HSRP-a na Cisco usmjerivačima R1 i R2*

R1	R2
interface FastEthernet 0/0	interface FastEthernet 0/0
ip address 10.10.10.1 255.255.255.0	ip address 10.10.10.2 255.255.255.0
standby 1 priority 105	standby 1 priority 100
standby 1 ip 10.10.10.254	standby 1 ip 10.10.10.254
standby 10 priority 100	standby 10 priority 105
standby 10 ip 10.10.10.253	standby 10 ip 10.10.10.253

Izvor: autori

Sva računala na mreži koja koriste HSRP IP adresu pristupnika nikada ne znaju stvarnu fizičku IP ili MAC adresu usmjerivača u pojedinoj grupi. Poznate su samo virtualne IP adrese koje su stvorene unutar HSRP konfiguracije kao i virtualne MAC adrese.

Slika 7. *Prikaz osnovnih parametara mrežne konfiguracije Cisco mrežnog usmjerivača*

```
Router#show standby
FastEthernet0/0 - Group 1 (version 2)
State is Standby
7 state changes, last state change 00:00:38
Virtual IP address is 192.168.1.1
Active virtual MAC address is 0000.0C9F.F001
Local virtual MAC address is 0000.0C9F.F001 (v2 default)
Hello time 3 sec, hold time 10 sec
Next hello sent in 1.245 secs
Preemption disabled
Active router is 192.168.1.3
Standby router is local
Priority 100 (default 100)
Group name is hsrp-Fa0/0-1 (default)
```

Izvor: autori

Slika 8. Primjer preusmjeravanja mrežnoga prometa sukladno različitim prioritetima usmjerivača u primjeni HSRP-a

```
Pinging 192.168.1.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms

PC>
PC>tracert 8.8.8.8

Tracing route to 8.8.8.8 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.1
  1  1 ms    0 ms    1 ms    192.168.1.20
  2  0 ms    *        0 ms    192.168.1.20
  3
Control-C
^C
PC>tracert 8.8.8.8

Tracing route to 8.8.8.8 over a maximum of 30 hops:

  0  *        0 ms    0 ms    192.168.1.21
  1  0 ms    *        0 ms    192.168.1.21
  2  *        1 ms    *        Request timed out.
  3  0 ms    *        1 ms    192.168.1.21
```

Izvor: autori

Slika 8. prikazuje primjer slanja *Internet Control Message Protocol* - ICMP echo paketa prema adresi 8.8.8.8 kroz usmjerivač A (zadana IP adresa 192.168.1.20) i usmjerivač B (zadana IP adresa 192.168.1.21) u slučajevima kada pripralni usmjerivač preuzima ulogu aktivnoga usmjerivača.

Kako je osnovni koncept HSRP protokola redundantnost, u slučaju prekida veze aktivnoga usmjerivača jedne grupe, prvi usmjerivač u istoj HSRP grupi preuzeti će ulogu aktivnoga te će prosljeđivati mrežni promet. Međutim, ukoliko se veza prethodno aktivnoga usmjerivača ponovno uspostavi, potrebno mu je osigurati ponovno aktivnu ulogu u HSRP grupi što se kod Cisco usmjerivača postiže naredbom *preempt* s vremenskim odmakom (engl. *delay*). Vremenski odmak izražen u milisekundama predstavlja protek vremena i to prije nego pripralni usmjerivač preuzme ulogu aktivnog usmjerivača. Primjer korištenja *preempt* naredbe s vremenskim odmakom prikazan je na slici 9.

Slika 9. Korištenje *preempt* naredbe Cisco usmjerivača za definiranje vremenskog odmak u HSRP grupi

```
R1#standby 10 preempt delay minimum 180
```

```
R1#standby 20 preempt delay minimum 180
```

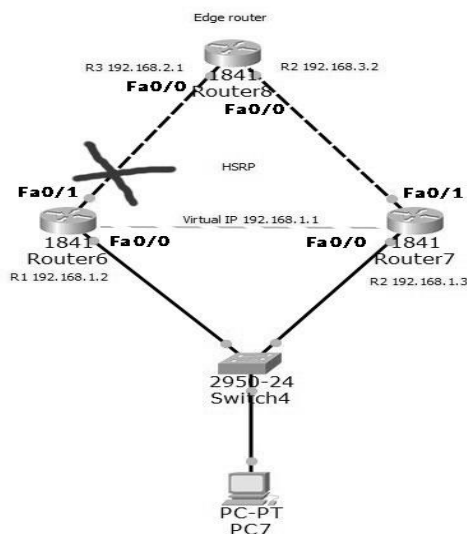
Izvor: autori

4. HSRP i praćenje mrežnih sučelja

Definiranje razine prioriteta usmjerivača u okviru primjene HSRP konfiguracije omogućava preuzimanje usmjeravanja mrežnog prometa od strane usmjerivača najviše razine, kada je trenutni usmjerivač nedostupan, odnosno onemogućen. Kako je prikazano na slici 10, izgledan scenarij je da je usmjerivač i dalje aktivan, ali je problem u mrežnom sučelju (*Fa0/1*). Aktivni usmjerivač (*Router 7*) tada nema više izravan put do drugog usmjerivača (*Router 8*). U tom slučaju *Router 6* trebao bi postati aktivan usmjerivač. Kako bi se izbjegao navedeni problem, HSRP protokol omogućava praćenje sučelja. Naredbom *track interface <oznaka sučelja>* definira se mrežno sučelje koje će

se pratiti. U slučaju otkazivanja, HSRP smanjuje prioritet trenutnog usmjerivača te drugi uređaj preuzima ulogu aktivnoga usmjerivača.

Slika 10. Primjer mrežne konfiguracije HSRP i praćenje sučelja



Izvor: autori

5. Zaključak

U lokalnom mrežnom okruženju za nesmetanu komunikaciju u režimu rada 24/7/365 nužno je osigurati redundantnost u slučaju ispada ili kvara aktivne mrežne opreme (uređaja), a posebice u mrežama koje opslužuju velik broj korisnika sustava visoke dostupnosti i raspoloživosti. *Backup* mehanizam, odnosno rezervni sustav mrežne infrastrukture u slučaju kvara ili ispada mreže preuzima ulogu mrežnoga prijenosa. Mrežni usmjerivači pored preklopnika predstavljaju okosnicu mrežne komunikacije te su zaduženi za usmjeravanje mrežnoga prometa prema drugim segmentima mreže. *HSRP* je Ciscoov protokol koji omogućava redundanciju mrežnoga uređaja u lokalnoj mreži te spada u mrežne protokole 3. sloja OSI modela, odnosno u kategoriju *First Hop Redundancy Protocols* (FHRP) protokola koji osiguravaju dostupnost zadanog pristupnika.

Posebnost *HSRP* protokola jest grupiranje usmjerivača u grupe, odnosno svi usmjerivači u jednoj *HSRP* grupi dijele jednu virtualnu MAC i IP adresu koja djeluje kao zadani pristupnik u lokalnoj mreži. U mrežnoj komunikaciji i konfiguraciji korištenjem *HSRP*-a samo je jedan aktivan usmjerivač koji prosljeđuje mrežni promet, dok je drugi u pripremnom stanju. Postavke aktivnoga i pričuvnoga usmjerivača definiraju se različitim prioritetima. Primjena *HSRP* protokola kao *backup* mehanizma u lokalnoj mreži povećava pouzdanost, stabilnost mreže te osigurava dostupnost zadanoga pristupnika, odnosno mrežnoga izlaza (engl. Gateway). Ukoliko je potrebno koristiti uravnoteženo opterećenje mreže i istovremeno zadržati redundantnost, tada se može koristiti *GLBP* algoritam umjesto *HSRP*-a.

Literatura

1. Fenge-Wang, Chang-xing-Zhu (2012) HSRP Protocol Based on High Reliable Redundant Campus Network Design. In: Zhao M., Sha J. (eds) Communications and Information Processing. Communications in Computer and Information Science, vol 289. Springer, Berlin, Heidelberg.
2. <https://www.techopedia.com/definition/29305/network-redundancy> (pristup: 09.1.2022.)

3. <https://dbvisit.com/blog/difference-between-failover-vs-switchover> (pristup: 10.1.2022.)
4. <http://www.eccessa.com/wp-content/uploads/2015/02/Everything-You-Need-To-Know-About-Network-Failover.pdf> (pristup: 10.1.2022.)
5. <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/hot-standby-router-protocol-hsrp/9234-hsrpguidetoc.html> (pristup: 11.1.2022.)
6. https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipapp_fhrp/configuration/15-mt/fhp-15-mt-book/fhp-hsrp-v2.pdf (14.2.2022.)
7. <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/hot-standby-router-protocol-hsrp/10583-62.html> (pristup: 12.2.2022.)
8. <https://www.routerfreak.com/comparing-hsrp-versus-vrrp-same-thing-only-different/> (pristup: 12.2.2022.)
9. <https://www.skillset.com/questions/what-is-the-default-hsrp-hold-time> (13.2.2022)
10. <https://www.geeksforgeeks.org/gateway-load-balancing-protocol-glb/> (pristup: 15.3.2022.)
11. <https://developers.cloudflare.com/load-balancing/understand-basics/weighted-load-balancing> (pristup: 15.3.2022.)
12. <https://www.terezyon.com/2019/07/first-hop-redundancy-protocols-fhrp-hsrp.html> (pristup: 17.3.2022.)
13. <https://community.cisco.com/t5/networking-documents/hsrp-overview-and-basic-configuration/ta-p/3131590> (pristup: 18.2.2022.)