

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Višemedijske komunikacije

3. DOMAĆA ZADAĆA

PROTOKOLI VIŠEODREDIŠNOG USMJERAVANJA

Vladimir-Mario Obelić

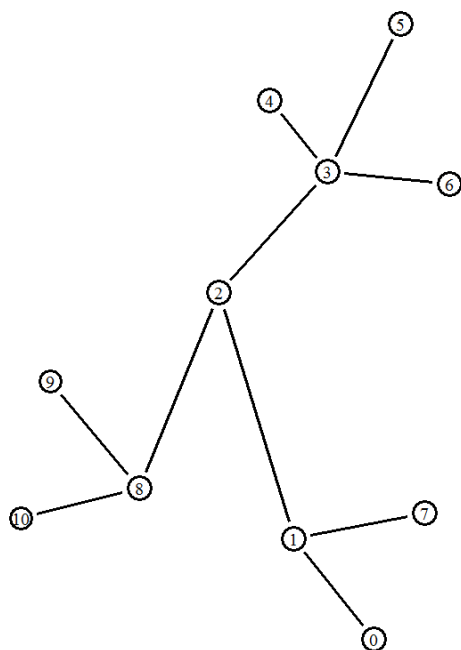
Sadržaj

1.	Protokol DVMRP	1
1.1	Scenarij simulacije	1
1.2	Pitanje 2	3
1.3	Pitanje 3	3
1.4	Pitanje 4	3
1.5	Pitanje 5	3
2.	Protokol CBT	4
2.1	Scenarij simulacije	4
2.2	Pitanje 2	5
2.3	Pitanje 3	6
2.4	Pitanje 4	6
2.5	Pitanje 5	6
3.	Protokol PIM-SM	7
3.1	Scenarij simulacije	7
3.2	Pitanje 2	8
3.3	Pitanje 3	8
3.4	Pitanje 4	9
3.5	Pitanje 5	9

1. Protokol DVMRP

1.1 Scenarij simulacije

U mreži imamo prikazane samo usmjeritelje i grane koje ih povezuju. Sami čvorovi primatelji i izvor višedredišnog prometa nisu vidljivi. Čvor 0 predstavlja lokalni usmjeritelj izvora višedredišnog prometa, dok čvorovi 4, 5, 6, 7, 9, 10 predstavljaju lokalne usmjeritelje primatelja višedredišnog prometa. Ostali čvorovi (1, 2, 3, 8) predstavljaju usmjeritelje koji su na putu između izvora i odredišta višedredišnog prometa. Slika 1 prikazuje nam izgled tog grafa i postav čvorova.



Slika 1 Graf mreže gdje se koristi DVMRP protokol

Pokrećući animaciju uočavamo u trenutku 0.05s kako iz čvora 0 (usmjeritelja) krene dolaziti promet (CBR). U tom trenutku 0. paket je izašao iz čvora 0. Radi se zapravo o prometu čije je izvoriste u lokalnoj mreži tog usmjeritelja (čvor 0). Promet kontinuirano teče sve do trenutka 0.1325s dokad je generirano 82 paketa prometa. Svaki paket iznosi 210 Byte-ova. Promet dolazi do svih usmjeritelja u grafu tehnikom preplavlivanja što znači da će se promet koji je došao do pojedinog usmjeritelja dalje proslijediti na svim sučeljima osim sa onog otkuda je došao. Tabela 1 prikazuje nam vremenske trenutke kada promet konačno dosegao pojedine čvorove na putu od izvorišnog čvora do čvorova na listovima grafa.

Tabela 1 Vremena dolaska prometa do posrednih čvorova

Čvor	Vrijeme [s]
1	0.061120
2	0.072240
3	0.083360
8	0.083360

Nadalje sada taj promet prolazi sve do krajnjih čvorova grafa, odnosno listova. Radi se dakle o lokalnim usmjeriteljima primatelja, čvorovima 4, 5, 6, 7, 9, 10. S obzirom da ispočetka

nijedan od tih usmjeritelja nema prijavljene članove grupe za koju je višeodredišni promet namijenjen, ti čvorovi vraćaju poruku *prune* veličine 80 Byte-ova za svaki primljeni paket kako im se dalje ne bi isporučivali podaci. Poruke *prune* govori da se taj višeodredišni promet ne treba usmjeravati prema mreži za koju je taj usmjeritelj nadležan, te se briše iz memorije i grana se podrezuje. Tabela 2 predstavlja vremena kada prvi paket podataka koji se šalju pristigne do pojedinog lokalnog usmjeritelja primatelja, odnosno kada se prve *prune* poruke pošalju. Dalje slijedi preplavlivanje mreže *prune* porukama kako bi se podrezale sve grane koje vode prema listovima koji ne sadrže nikakve članove višeodredišne grupe.

Tabela 2 Vremena prve poslane *prune* poruke

Čvor	Vrijeme [s]
4	0.072240
5	0.094480
6	0.094480
7	0.094480
9	0.094480
10	0.094480

Valja još i zabilježiti vremena podrezivanja pojedinih grana. Tabela 3 zapravo prikazuje vremena kada je posljednji paket protekao kroz navedene grane, te je logično zaključiti da je nakon tog trenutka obustavljena isporuka paketa, odnosno izvršeno je podrezivanje.

Tabela 3 Vremena podrezivanja grana

Grana	Vrijeme [s]
0-1	0.132500
1-2	0.124870
1-7	0.079870
2-3	0.113490
2-8	0.113490
3-4	0.102110
3-5	0.102110
3-6	0.102110
8-9	0.102110
8-10	0.102110

Nakon trenutka 0.1325s lokalni usmjeritelj izvora višeodredišnog prometa ne prosljeđuje nikakve podatke. Mreža osim na lokalnom dijelu izvora miruje sve do trenutka 0.2s kada usmjeritelj, odnosno čvor 4 šalje zahtjev za ponovno uspostavljanje grane. Takav zahtjev zove se *grafting*, odnosno šalje se poruka *graft* prema prethodnom usmjeritelju kako bi se ponovo uspostavilo prosljeđivanje višeodredišnog prometa. Ukoliko je grana negdje josh prije podrezana, *graft* poruka se prosljeđuje sve dok se ne dođe do usmjeritelja koji zadnji prosljeđuje podatke. U našem slučaju *graft* poruka se mora proslijediti sve do usmjeritelja 0. U trenutku 0.245s ponovo se počinje prosljeđivati promet od čvora 0 do čvora 4. Pa tako bilježimo još nekoliko takvih događaja. U trenutku 0.35s čvor 5 šalje *graft* poruku, te se sada ona ne prosljeđuje dalje nego samo do usmjeritelja 3 koji odmah kreće prosljeđivati podatke do čvora 5. U trenutku 0.36086s dolazi do ponovnog uspostavljanja grane 3-5.

Tabela 4 Grafting događaji

Grafting događaj	Graft šalje	Vrijeme [s]	Vrijeme uključivanja [s]	Ponovo uspostavljene grane
1	4	0.2	0.245	0-1, 1-2, 2-3, 3-4
2	5	0.35	0.360860	3-5
3	6	0.45	0.462110	3-6
4	9	0.75	0.773490	2-8, 8-9
	10	0.85	0.863360	8-10

Valja napomenuti da zbog periodičnog osvježavanja u trenutku 0.604870s dolazi do ponovnog uspostavljanja grane 1-7, no čvor 7 odmah uzvraća prune porukama s obzirom da zapravo nikakve promjene u vezi novih članova grupe nije bilo, te se grana ponovo podrezuje u 0.623620s. Ista situacija događa se kod 0.638490s kada se uspostavljaju grane 2-8, 8-9 i 8-10.

1.2 Pitanje 2

U trenutku 0.05s iz čvora 0 (usmjeritelja) krene dolaziti višeodredišni promet (CBR). Taj promet označen je plavom bojom. Crvenom bojom označene su poruke tipa *prune* protokola DVMRP kojima se naznačuje zahtjev za podrezivanjem grana koje u svojim listovima ne sadržavaju članove višeodredišne grupe kojoj je promet namijenjen.

1.3 Pitanje 3

Ljubičasti paket predstavlja *graft* poruku protokola DVMRP kojom lokalni usmjeritelj primatelja zahtjeva uspostavljanje (pružanje) grane kako bi se višeodredišni promet počeo prosljeđivati uslijed novog člana grupe u lokalnoj mreži tog usmjeritelja koji je poslao grafting zahtjev. Ovdje uočavamo razliku između graftinga 1 i graftinga 2 (Tabela 4). Naime u trenutku kada se čvor 5 prijavljuje u višeodredišnu skupinu potrebno je pružiti samo granu 3-5, a ne više sve grane počevši od čvora 0. Razlog tome je što su prilikom graftinga 1 već pružene grane 0-1, 1-2, 2-3, 3-4.

1.4 Pitanje 4

U trenutku 0.6 dolazi do ponovnog periodičkog preplavlivanja ne bi li se pronašli novi članovi višeodredišne grupe u listovima. Dakle nije potrebno obavljati slanje graft poruka kako bi se ponovo pružile grane, već se samo vrši preplavlivanje. Kako nije došlo do promjena u članovima višeodredišne grupe, svaki od lokalnih usmjeritelja potencijalnih primatelja, čvorovi 7, 9 i 10, vraćaju *prune* poruke kako bi se stanje vratilo kako je bilo prije 0.6s. Dakle podrezuju se ponovo pružene grane 1-7, 2-8, 8-9 i 8-10.

1.5 Pitanje 5

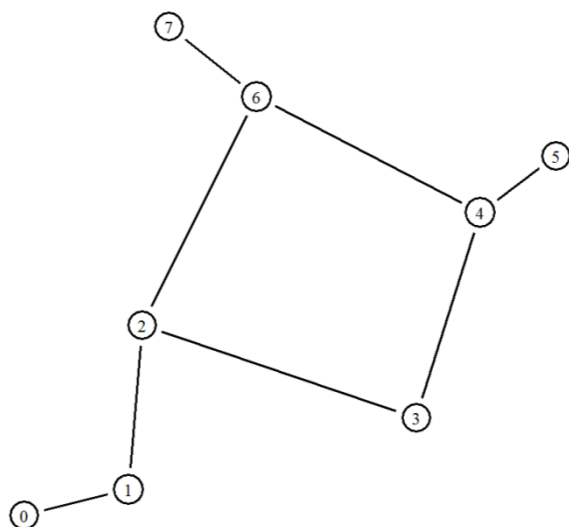
U trenutku 0.95s čvor 10 se odjavljuje iz višeodredišne skupine šaljući *prune* poruku prema drugim usmjeriteljima koji su bliži korijenu (pošiljatelju). Poruka *prune* dolazi samo do čvora 8 i ne prosljeđuje se dalje, s obzirom da čvor 9 još uvijek pripada višeodredišnoj grupi. U trenutku 1.05s čvor 9 se odjavljuje iz višeodredišne grupe i tek sada se *prune* poruka prosljeđuje dalje od čvora 8, sve do čvora 2, te se podrezuju i grane 2-8 i 8-10 s obzirom da „niže“ od grane 2-8 nema članova višeodredišne grupe.

2. Protokol CBT

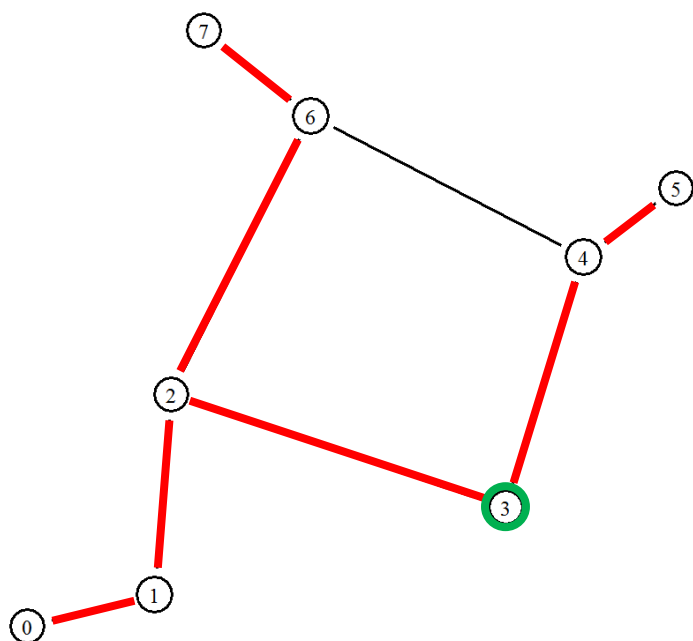
2.1 Scenarij simulacije

CBT protokol za višeodredišno usmjeravanje spada u skupinu protokola sa zajedničkom točkom. Razlikuje se od protokola DVMRP utoliko što nije potrebno graditi svaki puta novo stablo za svaki od pošiljatelja, već se unaprijed izgradi stablo po kojem se onda vrši usmjeravanje za svakog od pošiljatelja. Prvenstveno, prednost nad DVMRP protokolom mu je što ne koristi tehniku periodičkog preplavlivanja mreže, te ukidanje čuvanja podataka o stanju u svim usmjeriteljima. Tako se postiže veća skalabilnost i manje zauzeće resursa. Zajednička točka kod ovog protokola naziva se jezgra, odnosno jezgreni čvor.

Kod ovog protokola unaprijed se mora znati koji je jezgreni čvor, odnosno svaki lokalni CBT usmjeritelj to zna unaprijed. Primatelj koji se želi pridružiti nekoj višeodredišnoj skupini šalje zahtjev za priključivanje (*join*) prema svom lokalnom CBT usmjeritelju. Taj usmjeritelj pregledava svoju tablicu usmjeravanja i prosljeđuje *join* zahtjev dalje prema jezgrenom čvoru koristeći se najkraćim putem. Slijedom *join* zahtjeva, svaki usmjeritelj na putu uspostavlja ulazno i izlazno sučelje za dvosmjerno prosljeđivanje prometa u skupini. Ukoliko je usmjeritelj već postao članom stabla, *join* zahtjev se ne prosljeđuje sve do jezgre, s obzirom da već postoji put do jezgre. Tako se uspostavlja zajedničko stablo usmjeravanja koje uključuje sve primatelje, pošiljatelje i jezgru. Valja primjetiti da s obzirom da je stablo dvosmjerno, sav promet ne mora prolaziti kroz jezgru već može biti uspostavljen put direktno između pošiljatelja i primatelja. Sama jezgra služi samo radi priključivanja stablu.



Slika 2 Graf mreže za CBT protokol



Slika 3 Graf sa najkraćim putovima i jezgrenim čvorom 3

Pokrenuvši animaciju prvo događaj odvija se u 0.05s kada čvor 0 (lokalni CBT usmjeritelj) šalje zahtjev za pristupanjem višeodredišnoj skupini. Zahtjev dolazi do čvora 1 te se proslijeđuje dalje od 1 do 2 i konačno 2 do 3. Zahtjev dolazi do jezgrenog čvora 3 u trenutku 0.081s. Time su dodane grane 0-1, 1-2, te 2-3 u stablo. Mreža miruje sve do trenutka 0.15s. U tom trenutku čvor 5 šalje zahtjev za pristupanje višeodredišnoj skupini. On dolazi do čvora 4, te se proslijeđuje dalje do čvora 3. U trenutku 0.17s zahtjev dolazi do jezgrenog čvora i time su dodane grane 4-5 i 3-4 u stablo. Sljedeći bitni trenutak je 0.25s kada čvor 7 šalje svoj zahtjev za pristupanjem u skupinu. Uočavamo kako je već jedan dio stabla izrađen koji je potreban da se čvor 7 doda u stablo. Tako u trenutku 0.27s zahtjev za dodavanjem u skupinu dolazi do čvora 2. Dalje nije potrebno proslijeđivati zahtjev do jezgrenog čvora obzirom na to da grana 2-3 koja je posljednja etapa puta do jezgrenog čvora već postoji u stablu od prethodnih join zahtjeva drugih lokalnih usmjeritelja. Time su u stablo dodane samo grane 6-7 i 2-6. Konačni izgled stabla zajedno sa jezgrenim čvorom vidimo na Slika 3.

Dalje slijedi samo kolanje paketa konstantnog prometa (CBR) u trenutku 0.35s sa izvorom prometa u lokalnoj mreži usmjeritelja 5.

Sljedeće slanje prometa je sa izvorom u mreži lokalnog usmjeritelja 7 u trenutku 0.45s. Vidimo kako promet do čvora 0 ne treba prolaziti kroz jezgreni čvor već direktno ide preko grana 7-6, 6-2, 2-1 i 1-0 do odredišta 0.

U trenutku 0.55s čvor 0 šalje zahtjev *prune* kako bi se maknuo iz skupine višeodredišnog razasijanja.

2.2 Pitanje 2

Crni paket u trenutku 0.05s dio je CBT protokola, tipa zahtjeva *join* koji ima ulogu dodavanja čvora 0 višeodredišnoj skupini. On se metodom najkraćeg puta proslijeđuje sve do jezgrenog čvora pritom dodavajući grane na tom putu u stablo. Taj zahtjev dolazi do krajnjeg čvora 3 koji služi kao jezgreni čvor. Sam princip CBT protokola je gradnja zajedničkog stabla za sve pošiljatelje i primatelje iste višeodredišne skupine. Prema tome potrebno je imati jednu zajedničku korijensku točku, a upravo ta točka je zapravo jezgreni čvor. Konačni izgled stabla

nakon što svi lokalni usmjeritelji primatelja pošalju zahtjeve za pristupanjem višeodredišnoj skupini vidljiv je na Slika 3.

2.3 Pitanje 3

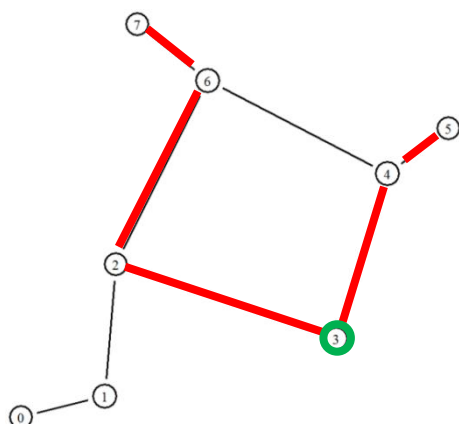
U trenutku 0.15s čvor 5 šalje zahtjev za pristupanjem višeodredišne skupine. Također se šalje zahtjev join protokola CBT. Zahtjev dolazi od čvora 5 do čvora 4, te se proslijeđuje dalje do čvora 3. U trenutku 0.17s zahtjev dolazi do jezgrenog čvora i time su dodane grane 4-5 i 3-4 u stablo. Konačni čvor do kojeg zahtjev dolazi je sam jezgri čvor i nije potrebno dalje zahtjev proslijeđivati. Tako su u stablo dodane grane koje čine najkraći put od lokalnog usmjeritelja 5, sa kojeg bi dolazio višeodredišni promet, do korjena stabla.

2.4 Pitanje 4

U trenutku 0.35s slijedi kolanje paketa konstantnog prometa (CBR). Izvor prometa se nalazi u lokalnoj mreži usmjeritelja 5 koji dalje promet proslijeđuje kako je oblikovano stablo do svih članova višeodredišne grupe. Dakle sa čvora 5 do čvorova 0 i 7. Prateći izgrađeno stablo promet se kreće granama 5-4, 4-3, 3-2, zatim se prema granama 2-1 i 2-6, kako bi konačno došao preko grana 6-7 i 1-0 do lokalnih čvorova primatelja 7 i 0. Ovdje uočavamo kako stablo višeodredišnog usmjeravanja kod protokola CBT zapravo neoptimalno. Naime promet od čvora 5 do čvora 7 mora ići preko korijenskog čvora. Premda je ovim protokolom omogućena direkta komunikacija između odredišta i izvora prometa, problem se svodi na oblik stabla. U našem slučaju najkraći put od čvora 5 do 7 bi bilo preko grane 4-6. Međutim ta grana se ne nalazi u sklopu stabla, te će promet morati ići zaobilaznim putem. Već prije je rečeno kako CBT protokolom ne moramo dobiti optimalno stablo. Naime pri izgradnji stabla prilikom dodavanja grana u stablo gleda se najkraći put samo od izvora do čvora. Tako dolazi do pojave da put između dva čvora, od kojih nijedan nije jezgri, nije najkraći.

2.5 Pitanje 5

U trenutku 0.55s čvor 0 šalje zahtjev tipa *prune* protokola CBT kako bi se on maknuo iz skupine višeodredišnog razasijanja. Taj zahtjev se proslijeđuje granama 0-1 i 1-2, te dalje od čvora 2 ne prolazi. Time smo maknuli grane stabla koje vode do čvora 0, no ostavili smo ostale grane stabla kako bi se i dalje sačuvala povezanost ostalih listova stabla sa jezgri čvorom. Dakle time je promijenjen izgled stabla usmjeravanja što vidimo na Slika 4.



Slika 4 Izgled grafa nakon odjavljivanja čvora 0 iz višeodredišne skupine

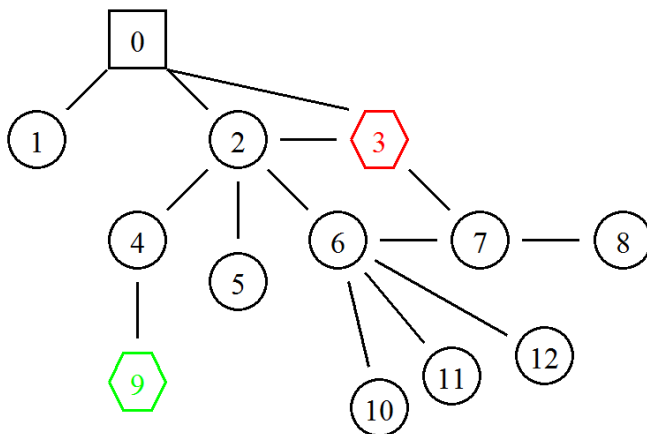
3. Protokol PIM-SM

3.1 Scenarij simulacije

Protokol PIM-SM sličan je protokolu CBT uz dodatnu mogućnost rekonfiguracije stabla kako bi se postiglo stablo najkraćeg puta i time postigla optimizacija. Dakle protokol također gradi zajedničko stablo usmjeravanja za svaku višeodređišnu skupinu. Razlika od CBT protokola je utoliko što je to stablo ovdje jednosmjerno. Korijenski čvor stabla nazivamo *Rendezvous point* (RP) kojeg definiramo kao točka susreta za primatelje i pošiljatelje. Također definira se i pojam odabranog usmjeritelja, *Designated router* (DR). Odabrani usmjeritelj koristi se prilikom postojanja više usmjeritelja u LAN-u, te on zastupa računala na tom LAN-u prema ostalim PIM-SM usmjeriteljima.

Izgradnja stabla odvija se na sljedeći način. Ukoliko zamislimo mrežu sa definiranim RP, prilikom prijave novog primatelja višeodređišnog prometa šalje se PIM zahtjev *join* od čvora koji se želi prijaviti i prosljeđuje se prema RP-u. Svi usmjeritelji na tom putu do RP-a bilježe stanje skupine, te se uspostavlja distribucijska grana za novog člana skupine.

Kod slanja višeodređišnog prometa imamo nešto drugačiji scenarij. Izvor višeodređišnog prometa šalje pakete do svog odabranog PIM-SM usmjeritelja, čvora kojeg vidimo na grafu. Taj odabrani usmjeritelj (DR) omata te datagrame i pojedinačnim (*unicast*) adresiranjem šalje ga do RP-a. RP-a otpakirava te datagrame i dalje višeodređišnim adresiranjem niz stablo prosljeđuje promet prema registriranim primateljima.



Slika 5 Graf mreže u kojoj se koristi PIM-SM protokol

Graf na Slika 5 predstavlja nam našu mrežu. Čvor 0 predstavlja korijenski RP čvor, čvorovi 9 i 3 lokalne usmjeritelje izvora višeodređišnog prometa, a čvorovi 1, 4, 5, 10 i 11 lokalne usmjeritelje primatelja. U našem primjeru animacije, u trenutku 0.1s dolazi do registracije čvora 1 slanjem PIM zahtjeva *join*. S obzirom da je čvor 1 susjedni čvor korijenskog RP čvora, zahtjev se dalje ne prosljeđuje i time je čvor 1 prijavljen u višeodređišnu skupinu, a grana 0-1 postaje distribucijska grana. U trenutku 0.12s čvor 4 obavlja slanje *join* zahtjeva. Zatim u trenutku 0.14s prijavljuje se čvor 5. Tako se još u trenutku 0.16s prijavljuje čvor 10, te u trenutku 0.18s čvor 11. Dakle svi lokalni usmjeritelji primatelja višeodređišnog prometa su poslali prijave RP-u.

Sljedeći ključni događaj je početak slanja višeodređišnog prometa od strane lokalnog čvora izvora. U trenutku 0.25s čvor 3 kreće sa slanjem prometa prema RP-u. Radi se o upakiranim datagramima označenim crnom bojom. Oni stižu do RP-a, RP otpakirava te datagrame i sada višeodređišnim adresiranjem prosljeđuje taj promet prema čvorovima koji su se registrirali u

skupinu kao primatelj. U trenutku 0.261227s RP počinje sa slanjem višeodredišno adresiranog prometa.

U trenutku 0.3s čvor 10 šalje *join* ovoga puta prema čvoru izvoru prometa sa ciljem rekonfiguracije stabla i stvaranjem stabla najkraćeg puta između čvorova 3 i 10.

U trenutku 0.4s čvor 9 kreće sa slanjem prometa (unicast) upućen RP čvoru 0. U trenutku 0.433680s RP dalje nastavlja prosljeđivati dobiveni promet od čvora 9, no ovoga puta otpakiran i to sa višeodredišnim adresiranjem niz zajedničko stablo. Primjećujemo kako se prethodno izbrisana grana 0-2 ovdje ponovo koristi kao distributivna, no samo za višeodredišni promet sa izvorom u čvoru 9.

U trenutku 0.56s čvor 11 sada želi rekonfigurirati zajedničko stalo i uspostaviti najkraći put sa čvorom izvorom 9. Čvor 11 šalje *join* zahtjev koji dolazi do čvora 9. U trenutku 0.607477s čvor 9 kreće sa slanjem otpakiranih datagrama prema djelu stabla gdje se nalazi čvor 11. Već u trenutku 0.618703s čvor 4, dobivši takav otpakirani promet od 9, šalje zahtjev *prune* prema RP-u radi rekonfiguracije stabla. Zahtjev *prune* se prosljeđuje do RP-a koji potom prestaje distribuirati promet od čvora 9 niz granu 0-2.

Još nam preostaje čisto odjavljivanje čvora iz višeodredišne skupine. U trenutku 4.5s čvor 10 šalje zahtjev *prune* kako bi se njemu prestao isporučivati promet sa izvorom u čvoru 3. Zahtjev *prune* dolazi samo do čvora 6 koji čvoru 10 prestaje isporučivati traženi promet.

U trenutku 4.600427 dolazi isti takav zahtjev *prune* od čvora 11.

Zatim u trenutku 4.8s *prune* šalje čvor 5. Kako je čvor 5 zatražio prekidanje obustave prometa sa izvorom u čvoru 3, *prune* se šalje do čvora 3 kako bi se prekinula obustava otpakiranih datagrama kako je jedina distribucijska grana koja sadrži članove skupine ona koja je dostupna preko RP-a. Zadnji otpakirani datagram kojeg 3 šalje je poslan u trenutku 4.8175s.

U trenutku 4.9s čvor 1 šalje zahtjev za obustavom višeodredišnog prometa sa izvorima 3 i 9. Zahtjev dolazi do RP-a, te se jednostavno grana 0-1 miče i prestaje biti distribucijskom. Time nijedan čvor više ne prima višeodredišni promet sa izvorom u čvoru 3 i nakon isteka vremena, čvor 3 prestaje isporučivati upakirane datagrame i do RP-a.

3.2 Pitanje 2

U trenutku 0.14s prijavljuje se čvor 5 u skupinu. Plavi paket predstavlja zahtjev PIM protokola tipa *join* za prijavljivanje u višeodredišnu skupinu. Primjećujemo kako se zahtjev *join* čvora 5 ne prosljeđuje dalje od čvora 2. Primjećujemo kako se zahtjev *join* čvora 5 ne prosljeđuje dalje od čvora 2. Razlog tome je što je grana iznad čvora 2 već prije postala distribucijska grana kada se prijavio čvor 4. Naime čvor 4 zahtjev *join* prosljeđuje preko čvora 2 do korijenskog RP čvora čime grane 0-2 i 2-4 ulaze u skup distribucijskih grana.

3.3 Pitanje 3

U trenutku 0.3s čvor 10 šalje *join* ovoga puta prema čvoru izvoru prometa sa ciljem rekonfiguracije stabla i stvaranjem stabla najkraćeg puta između čvorova 3 i 10.

U samom trenutku 0.333s taj *join* zahtjev dolazi do čvora izvora višeodredišnog prometa.

Do sada je čvor 3 slao isključivo omotane datagrame prema RP-u. U trenutku 0.3325s čvor 3, dobivši *join* zahtjev od čvora 10, kreće sa dodatnim slanjem prometa već otpakiranih

datagrama direktno prema čvoru 10. Tako se uspostavlja komunikacija od čvora 3 prema čvoru 2. Čvor 2 sada u smislu rekonfiguracije stabla šalje PIM poruku *prune* prema RP.

U trenutku 0.34362s čvor 2 koji sada dobiva direktno višeodredišno adresirani promet od čvora 3 šalje PIM poruku *prune* prema RP-u kako bi se izbrisala grana 0-2 početnog stabla. Nova grana stabla sa najkraćim putem je 2-3. U tom trenutku optimizirali smo stablo koje je prije zbog povećeg zaobilaznog puta gdje je promet morao preko RP-a ići imamo najkraći put između čvorova 3 i 10.

3.4 Pitanje 4

U trenutku 0.56s čvor 11 sada želi rekonfigurirati zajedničko stalo i uspostaviti najkraći put sa čvorom izvorom 9. Čvor 11 šalje *join* zahtjev koji dolazi do čvora 9. U trenutku 0.607477s čvor 9 kreće sa slanjem otpakiranih datagrama prema djelu stabla gdje se nalazi čvor 11. U tom trenutku on paralelno šalje i otpakirane i upakirane datagrame. Crni paketi ovdje dakle predstavljaju te upakirane datagrame sa odredištem prema RP, dok crveni paketi predstavljaju otpakirane datagrame koji se višeodredišno adresiraju i usmjeravaju prema granama gdje se nalazi čvor 11 koji je inicirao rekonfiguraciju. Već u trenutku 0.618703s čvor 4, dobivši takav otpakirani promet od 9, šalje zahtjev *prune* prema RP-u radi rekonfiguracije stabla. Zahtjev *prune* se prosljeđuje do RP-a koji potom prestaje distribuirati promet od čvora 9 niz granu 0-2.

3.5 Pitanje 5

U trenutku 4.5s čvor 10 šalje zahtjev *prune* (označen kao plavi paket) protokola PIM kako bi se njemu prestao isporučivati promet sa izvorom u čvoru 3. Dakle radi se o čistom odjavljivanju čvora iz višeodredišne skupine. Zahtjev *prune* dolazi samo do čvora 6 koji čvoru 10 prestaje isporučivati traženi promet. Zahtjev ne prolazi dalje s obzirom da bi to značilo prekidanje dostave prometa do drugih čvorova koji se nalaze ispod čvora 6.

U trenutku 4.600427 dolazi isti takav zahtjev *prune* (također označen kao plavi pake) od čvora 11. Ovaj puta čvor 11 traži potpuni obustavu višeodredišnog prometa, onog sa izvorom u čvoru 3 i 9. Zahtjev *prune* ovoga puta prolazi sve do čvora 2 s obzirom da se ispod grane 2-6 nigdje ne nalaze primatelji prometa sa izvorom u čvoru 3.