ANALIZA PROTOKOLA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA
ANALYSIS OF ROUTING PROTOCOLS IN MANET NETWORKS

Izet Jagodić[1], *JU Mješovita srednja škola Živinice*
Borjana Nosović[2], *Telekomunikacije RS ad Banja Luka*

Sadržaj - *Skup bežičnih mobilnih čvorova koji međusobno komuniciraju bez unaprijed utvrđene mrežne infrastrukture ili centralizovanog upravljanja zovemo mobilne ad-hoc mreže. Jedno od glavnih područja istraživanja mobilnih ad-hoc mreža je i izbor adekvatnog protokola rutiranja. Protokoli mogu biti zasnovani na topologiji, odredištu ili lokaciji rutiranja. Cilj rada je analiza performansi tri različita protokola zasnovani na različitim algoritmima rutiranja u različitim situacijama i to DSDV (eng. Destination Sequenced Distance Vector) protokol proaktivnog rutiranja, AODV (eng. Ad-hoc On-demand Distance Vector) protokol reaktivnog rutiranja vektorom udaljenosti i DSR (eng. Dynamic Source Routing) protokol reaktivnog izvorišnog rutiranja, analizom dobivenih rezultata dobivenih metodom simulacije. Simulacije su izvedene korištenjem mrežnog simulatora NS-2 (eng. Network Simulator 2).*

Ključne riječi: *MANET AOSD DSDV DSR*

Abstract - *A set wireles mobile nodes which communicate eaoh ether without predetrmined network infrastructure or centralised operating is called a mobile ad-hoc networks. When it comes to the researc of mobile ad-hoc networks, one of the main issues is the choice of the adequate routing protocol. The protocols can be grouped according to the type or location of routing. The aim of the work is to compare the performances based on diffrent routing algorithms in diffrent situations the DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) protocol of proactiv routing, the AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector) protocol of reactive routing with the distance vector and DSR (Dynamic Source Routing) protocol of reactive source routing, analyses of the results given by the simulation method. The simulation are performed by using the NS-2 (Network Simulator).*

Keywords: *MANET AOSD DSDV DSR*

[1] Student postdiplomskog magistarskog studija Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Elektrotehnički fakultet
[2] Student postdiplomskog magistarskog studija Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Elektrotehnički fakultet

1. UVOD

Ad-hoc mreže, su mreže definisane na način da čvorovi mogu komunicirati bez potrebe za postojanjem infrastrukture ili prethodno uređenih odnosa među potencijalnim korisnicima mreže. Vrlo različite upotrebe, uređaja i tehnologija i mnogo različitih, ponekad suprostavljenih zahtjeva, čine istraživanje ad-hoc mreže jako složenim zadatkom. Jedno od glavnih područja istraživanja ad-hoc mreža je rutiranje.

Rutiranje u mobilnoj ad-hoc mreži je jako veliki problem, zbog pokretljivosti čvorova, ograničenje propusnog opsega i zbog velikih smetnji u propagaciji signala. Protokoli rutiranja moraju ponekad zadovoljiti kontradiktorne zahtjeve kao što je zahtjev za minimalnim brojem paketa rutiranja da bi se sačuvao propusni opseg i u isto vrijeme zahtjev za brzim uspostavljanjem i efikasnim održavanjem trase.

Rutiranje je proces određivanja trasa kojim će se odvijati komunikacija između čvorova s poznatim adresama tj. od izvorišta do odredišta, te osobinama same komunikacije.

Rutiranje se uglavnom dijeli na statičko i dinamičko rutiranje. Statičko rutiranje se odnosi na strategiju rutiranja ručno ili statički. Statičko rutiranje čuva tabelu rutiranja koju piše mrežni administrator. Tabela rutiranja ne ovisi o stanju mreže, tj. da li je odredište aktivno ili ne. Veliki nedostatak statičkog rutiranja je što ako se doda ili oduzme čvor u mreži, onda je odgovornost mrežnog administratora da napravi meophodne promjene u tabelama rutiranja. Dinamičko rutiranje se odnosi na strategije rutiranja koje nauče unutrašnji ili vanjski protokoli za rutiranje. Ova vrsta rutiranja ovisi o stanju mreže tj. aktivnost odredišta utiče na tabelu rutiranja. Najpopularniji algoritmi dinamičkog rutiranja u žičanim mrežama je rutiranje vektorom udaljenosti i stanjem veze.

Kod rutiranja vektorom udaljenosti svaki ruter održava tabelu rutiranja, tj. vektor u koji pohranjuje informacije o udaljenosti svih dostupnih odredišta. Udaljenost se računa pomoću metrika, kao što je broj skokova, dužina reda ili kašnjenje. Ako imamo više trasa do odredišta, bit će izabrana najkraća.

Kod algoritma rutiranja koji se zove stanje veze, svaki čvor periodično izvještava sve rutere u mreži o svom trenutnom stanju veze. Kada se desi promjena stanja veze, pojedinačni izvještaji će plavljenjem doći do svakog rutera u mreži. Svi ruteri, po prijemu izvještaja, ponovo izračunavaju svoje trase prema svježim informacijama o topologiji. Na ovaj način, ruter ima barem djelimičnu sliku o cijeloj mreži. Kod rutiranja stanjem veze biraju se različite metrike kao što su broj skokova, brzina veze i zagušenja.

Navedeni algoritmi rutiranja imaju dobre performanse u žičanim mrežama, jer one imaju predvidljive mrežne osobine, kao što je stalna mrežna topologija i kvaliteta veze. Međutim, dinamička svojstva mobilnih ad-hoc mreža, gdje nemamo eksplicitne veze i sva komunikacija se odvija emitovanjem radio signala, pogoršavaju njihovu efikasnost. Ako u mobilnim ad-hoc mrežama koristimo protokole rutiranja vektorom udaljenosti i stanjem veze, namjenjene žičanim mrežama, česta promjena topologije će jako povećati promet kontrolnih informacija. Te kontrolne informacije mogu zauzeti ionako oskudane resurse mobilnih ad-hoc mreža. Ovi algoritmi rutiranja uzrokuju nekozistentnost informacija rutiranja i petlje kada se koriste za dinamičke mreže. Dakle, rutiranje u mobilnim ad-hoc mrežama se bitno razlikuje od rutiranja u žičanim mrežama.

Na osnovu rezultata simulacije izvedene uz pomoć mrežnog simulatora NS-2 (eng. *Network Simulator*), u ovom radu izvršena je analiza tri važna protokola rutiranja u MANET-u. Napravljena je simulacija i to za kretanje mobilnih čvorova do maksimalno 2 m/s i 20 m/s, bez pauza, sa različitim konekcijama tj. sa različitim brojem pokretnih čvorova i broju veza odnosno konekcija među čvorovima. Analiza rezultata je izvedena na osnovu tri parametra i to odnos uspješno prenesenih paketa i ukupnog broja paketa, prosječno kašnjenje s kraja na kraj i normalizirano opterećenje rutiranja.

2. PROTOKOLI RUTIRANJA ZA MANET

Za poređenje i analizu protokola rutiranja mobilnih ad-hoc mreža važne su odgovarajuće klasifikacijske metode. Klasifikacijske metode služe istraživačima i dizajnerima da bi razumjeli različite karakteristike protokola rutiranja i da bi našli njihove veze sa drugim protokolima rutiranja. Prema tome, predstavljenje su karakteristike protokola koje se koriste za grupisanje i poređenje različitih pristupa. Ove karakteristike se uglavnom odnose na informacije koje se koriste za rutiranje i uloge koje čvorovi preuzimaju u procesu rutiranja.

Protokol DSDV (eng. *Destination Sequenced Distance Vector Routing Protocol*) rutiranja se zasniva na modifikovanom konvencionalnom Bellman-Ford algoritmu. Svaka tabela rutiranja sadrži sva dostupna odredišta sa pridruženim slijedećim skokom, metrikom i odredišnim rednim brojem kada se koristi DSDV protokol. Redni broj se koristi za razlikovanje zastarjelih trasa od novih, a samim time i za izbjegavanje petlji. Tabele se ažuriraju razmjenom informacija između čvorova. Svaki čvor periodično šalje svoju tabelu rutiranja svojim susjedima. Prenos se obavlja na mrežnom nivou jedinica podataka protokola NPDU (eng. *Network Protocol Data Unit*). Razmjena se može izvršiti kopiranjem cijele tabele rutiranja (brojni NPDU-ovi), ili inkrementalnim ažuriranjem (jedan NPDU), što podrazumjeva razmjenu samo nedavno ažuriranih trasa. Čvorovi koji prime ove podatke, ažuriraju svoje tabele ako su primili bolju ili novu trasu. Kada čvorovi prime informacioni paket od drugog čvora, usporede njegov redni broj sa raspoloživim rednim brojem za taj unos. Ako je redni broj paketa veći, unos će se ažurirati informacijom sa novim rednim brojem, ili pak, ako paket ima isti redni broj, tražit će se unos metrike, te ako ima manji broj od prethodnog unosa, bit će ažuriran sa novim informacijama. Ažuriranje se vrši periodično, ali i kada se detektuje novi događaj u mreži, odnosno značajna promjena u tabeli rutiranja od posljednjeg ažuriranja.

AODV (eng. *Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing* Protocol) je „na zahtjev“ protokol rutiranja kako mu i samo ime kaže. Radi na principu Bellman-Ford algoritmu.

Trasa se uspostavljava kada se ukaže potreba za njim, tj. čvor će „mirovati“ sve dok ne treba slati podataka. Za održavanje informacija rutiranja, koristi tabele rutiranja koje imaju samo informacije o sljedećem skoku i odredištu. AODV protokol rutiranja se zasniva na prenosu podataka sa odgovorom za trasu RREP (eng. *Route Reply*) nazad do izvora i rutiranju paketa do odredišta. Koristi redni broj koji se održava na svakom odredištu radi određivanja starosti informacije rutiranja i uklanjanja petlji. Svi paketi rutiranja nose ove redne brojeve.

Maksimalna iskorištenost širine opsega, ovo se može smatrati najvećim dostignućem algotitma. Pošto protokol ne zahtjeva periodične globalne korekcije, manji je zahtjev za dostupnom širinom opsega. Svaki čvor održava monotono rastući brojač rednog broja radi zamjenjivanja bilo koje zastarjele trase. Svi posredni čvorovi na aktivnoj trasi ažurirajući svoje tabele rutiranje osiguravaju maksimalnu iskorištenost širine opsega. Zbog toga, ove tabele rutiranjaa će se ponovo koristiti ako je taj posredni čvor primi bilo koji RREQ paket od drugog izvora za isto odredište. Takođe, bilo koji primljeni RREP paketi se porede sa RREP paketom koji je posljednji prenesen korištenjem odredišnog rednog broja, te se odbacuju ako nisu bolji od već prenesenih RREP paketa. Jednostavnost: svaki čvor se ponaša kao ruter, održava jednostavnu tabelu rutiranja, a izvorišni čvor inicira pronalazak trase, čineći da se mreža pokreće sama. Algoritam održava trase bez petlji koristeći jedinstvenu logiku da čvorovi odbacuju lošije pakete za isti identifikator slanja. Kada se čvorovi u mreži kreću sa svojih mjesta i topologija se mijenja, ili se prekidaju veze u aktivnoj trasi, posrednički čvor koji otkrije prekid veze prenosi RRER (eng. *Route Error*) paket. Izvorišni čvor ponovo inicira postupak pronalaska trase ako još uvijek želi trasu. To osigurava brzi odgovor na prekid veze. Zato AODV protokol može upravljati visoko dinamičkim ponašanjem MANET-a.

DSR (eng. *Dynamic Source Routing*) protocol rutiranja eksplicitno koristi izvorišno rutiranje, što znači da svaki put kada se pošalje paket podataka, on sadrži listu čvorova koje će koristiti za prosljeđivanje. Drugačije rečeno, poslati paket sadrži trasu koji će koristiti. Trase se memorišu, a paketi podataka nose izvorišnu trasu u zaglavlju paketa. Mehanizam dopušta čvorovima na trasi da memorišu nove trase, takođe da izvor specificira trasu koji želi, ovisno od kriterija. Ovaj mehanizam izbjegava petlje rutiranja. Ako čvor treba poslati paket drugom čvoru, a nema trasu, pokreće proces pronalaska trase. Proces pronalaska trase radi na principu plavljenja mreže RREQ paketima. Svaki čvor koji primi RREQ šalje ga, osim ako nije odredište ili ima trase do odredišta u svojoj memoriji. Takav čvor na RREQ odgovara sa RREP paketom koji se rutira natrag prema izvoru. Paketi RREQ i RREP se, izvorišno rutiraju. Paket RREQ gradi trasu kroz mrežu, a RREP se rutira natrag do izvora preko te trase. Trase koji vraća RREP se memoriše na izvoru radi daljnje upotrebe. Može biti više RREP paketa na jedan RREQ zahtjev. Ako je bilo koja veza na izvornoj trasi prekinuta, izvorišni čvor se obavještava RRER paketom. Izvor uklanja iz memorije trase koji koristi prekinutu vezu. Novi pronalazak trase mora pokrenuti izvor, ako mu je trasa potrebna. Protokol DSR agresivno koristi izvorišno rutiranje i memorisanje trase.

Jedna od glavnih prednoseti je činjenica da protokol reaktivnog rutiranja ne plavi mrežu sa korekcijama rutiranja čak i kada veza nije u upotrebi. Trasa se određuje samo kada je to potrebno. Nema potrebe za pronalaženje trase do svih čvorova u mreži. Memorisanje informacije u posredničkom čvorovima se koriste za smanjenje beskorisnog tereta. Memorisanje informacije u čvorovima mogu dovesti do nekonzistentnosti trase tokom rekonstrukcije. Postoji i visoka latencija u poređenju sa „tabelarno upravljanim“ protokolima. Protokol DSR je pogodan za statične i slabo mobilne mreže. Visoka mobilnost smanjuje njegove performance.

3. METRIKA PROTOKOLA RUTIRANJA I MODEL KRETANJA ČVOROVA

Odnos uspješno prenesenih paketa i ukupnog broja paketa PDR: Odnos pokazuje koliko je uspješan protokol u dostavljanju paketa od izvora do odredišta. Što je veća vrijednost PDR-a to je gubitak paketa manji, a protokol rutiranja efikasniji sa aspekta dostavljanja paketa. Ova metrika karakteriše kompleksnost, te pouzdanost protokola rutiranja. Ovaj odnos se računa po relaciji:

$$PDR\% = \frac{\sum_{1}^{n} CBR_primljeni_paketi}{\sum_{1}^{m} CBR_poslati_paketi} x100$$

gdje je *n*-broj primljenih paketa, a *m*-broj poslanih paketa.

Prosječno kašnjenje s kraja na kraj: Kašnjenje s kraja na kraj, računa kašnjenje paketa koji su uspješno preneseni od izvora do odredišta. Ovo kašnjenje uključuje sva moguća kašnjenja uzrokovana privremenim memorisanjem, tokom latentnosti pronalaska trase, čekanja u redu, kašnjenja zbog retransmisije na MAC-u, propagacije i trajanja prenosa. To je vrijeme putovanja paketa od aplikacijskog nivoa izvora do odredišta. Kašnjenje s kraja na kraj je jedna od najvažnijih metrika pri analiziranju performansi protokola rutiranja. Prosječno kašnjenje s kraja na kraj je prosječna vrijednost kašnjenja svih uspješno prenesenih paketa. Računa se po sljedećoj relaciji:

$$pros_kasnjejnje = \frac{\sum_{1}^{n}(CBR_vrijeme_slanja_paketa - CBR_vrijeme_primanja_paketa)}{\sum_{1}^{n} CBR_primljeni_paketi}$$

Normalizirano opterećenje rutiranja: (eng. *Normalized Routing Load*) To je odnos između ukupnog broja paketa rutiranja i ukupnog broja uspješno dostavljenih paketa. Paketi rutiranja na nivou rutiranja uključuje i pakete pronalaska trase i pakete održavanja trase, kao npr. HELLO poruke, RREQ, RREP i RRER. Računa se prema sljedećoj relaciji:

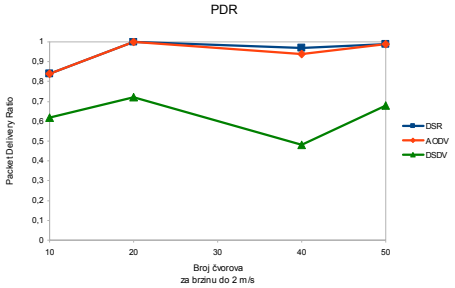
$$NRL\% = \frac{\sum_{1}^{k} CBR_paketi_usmjeravanja}{\sum_{1}^{n} CBR_primljeni_paketi}$$

Konstantna brzina prenosa CBR (eng. *Constant Bit Rate*) je usluga koju koriste veze konstantnom brzinom prenosa podataka, gdje postoji vremenska sinhronizacija između izvora i odredišta. Ova vrsta prenosa je prilagođena za bilo koju vrstu podataka za koje krajnji sistemi zahtjevaju predvidivo vrijeme odziva i nepromjenljivu količinu propusnog opsega, stalno raspoloživog tokom trajanja veze (npr. VoIP promet). U ovom radu paketi su veličine od 512 bajta, sa brzinom slanja paketa od 1 paket u sekundi is a 10, 20, 40 i 50 čvorova.

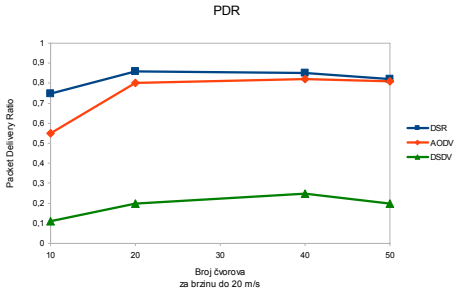
Model kretanja čvorova koristi model slučajne međutačke (eng. *Random Waypoint model*) u pravougaonom polju. Svaki paket počinje svoj put sa slučajne lokacije do slučajnog odredišta sa slučajno odabranom brzinom. Nakon što čvor stigne na odredište odredi se drugo slučajno odredište nakon pauze. Trajanje pauze, koje utiče na relativnu brzinu čvorova je promjenljivo. Za izvođenje simulacija sa različitim protokolima rutiranja i skupljanja ispravnih rezultata koristi se identičan scenarij. Model slučajnog kretanja mobilnog čvora, u svakom trenutku, svaki mobilni čvor bira slučajno odredište i kreće se prema njemu sa brzinom od 0 do v_{max}, gdje je v_{max} maksimalna dopuštena brzina čvora. Nakon dolaska do odredišta, mobilni čvor se zaustavlja, a zatim nastavlja kretanje nakon određene pauze koja je definisana u samoj simulaciji. Ovaj postupak se ponavlja sve dok se ne završi sama simulacija. Ovaj model slučajnog kretanja mobilnih čvorova je široko prihvaćen, uglavnom zbog svoje jednostavnosti, izvedbe i analize. Kretanje čvorova je 2 m/s i 20 m/s bez pauze i vremenom simulacije od 100 simulacijskih sekundi.

4. REZULTATI I ANALIZA

Na nižim brzinama kretanja mobilnih čvorova, protokoli rutiranja AODV i DSR svoj posao obavljaju vrlodobro i u stanju su isporučiti velike količine paketa, tj. PDR je veliki bez obzira na broj čvorova u odnosu na protokol rutiranja DSDV i njegovu mobilnost. Vidimo da protokol rutiranja DSDV dostavlja polovinu izvorišnih paketa. Za male brzine kretanja mobilnih čvorova (npr. 2 m/s), protokoli rutiranja AODV i DSR isporučuju gotovo 100% paketa a DSDV protokol rutiranja između 50% i 70% paketa. Kada je brzina kretanja mobilnih čvorova veća od 2 m/s, PDR protokola rutiranja AODV i DSR se kreće između 70% i 90% a za protokol rutiranja DSDV se kreće od 20% do 30%. Različiti mehanizmi na kojima se bazira rad ovih protokola vode do razlika u performansama protokola rutiranja. Znači protokol rutiranja DSDV ima sve manji PDR kako se povećava mobilnost tj. brzina kretanja mobilnih čvorova te stoga ovaj protokol rutiranja nije pogodan za mobilne ad-hoc mreže sa stanovištva ove metrike. Slike 1 i slika 2.

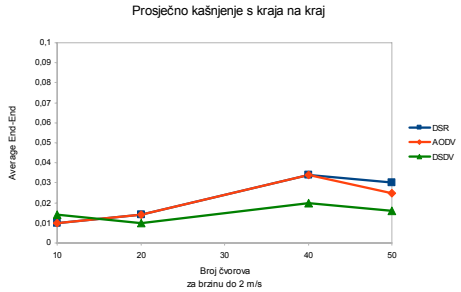


Slika 1 PDR za brzinu čvorova do 2 m/s

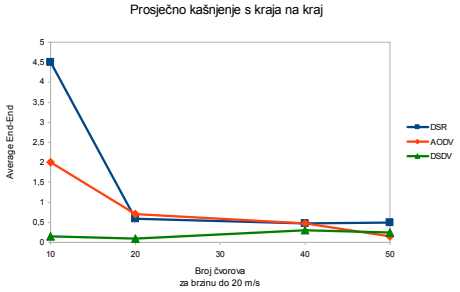


Slika 2 PDR za brzinu čvorova do 20 m/s

Prosječno kašnjenje s kraja na kraj kod DSDV, AODV i DSR protokola rutiranja, vidimo da na malim brzinama kretanja i manjim brojem mobilnih čvorova, prosječno kašnjenje je malo i gotovo isto za sva tri protokola. Međutim, ako povećavamo brzinu kretanja mobilnih čvorova očito je da se i prosječno kašnjenje povećava, a naročito kod DSR protokola što proizilazi da kada je potrebno poslati odgovarajući paket, u slučaju da protokol rutiranja DSR nema trase u svojoj memoriji, mora plaviti mrežu RREQ paketima tj. kontrolnim paketima, što dodatno oduzima vrijeme koje je potrebno da bi se kreirala veza, odnosno trasa po kojoj će biti proslijeđeni paketi. Slika 3 i slika 4.



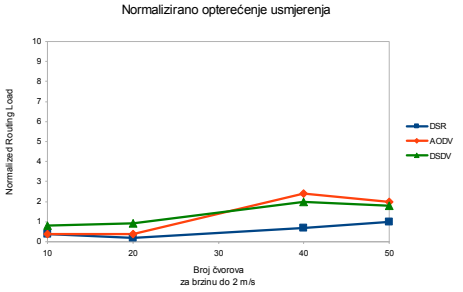
Slika 3 Prosječno kašnjenje s kraja na kraj za brzine čvorova do 2 m/s



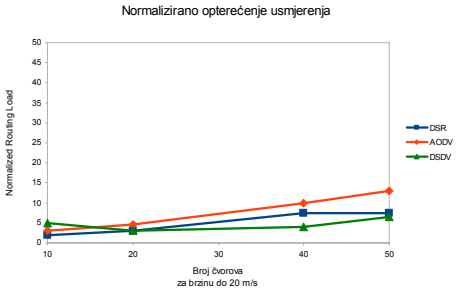
Slika 4 Prosječno kašnjenje s kraja na kraj za brzine čvorova do 20 m/s

Normalizirano opterećenje rutiranja je odnos između ukupnog broja paketa rutiranja i ukupnog broja uspješno dostavljenih paketa. Vidimo da kod DSDV, AODV i DSR protokola rutiranja kada se mobilni čvorovi kreću malom brzinom, da je taj odnos među protokolima rutiranja približno isti, jer faktički svi protokoli nakon uspostavljannja trase predaju pakete, a pošto je brzina kretanja mobilnih čvorova mala to se trase neće tako često ni mijenjati. Kada je brzina kretanja mobilnih čvorova do 2 m/s, i do 50 mobilnih čvorova, normalizirano opterećenje kod sva tri protokola

rutiranja ne prelazi 2, tj. duplo veći broj paketa rutiranja se prenese kroz ad-hoc mrežu u odnosu na ukupan broj primljenih paketa. Slika 5 i slika 6.



Slika 5 Normalizirano opterećenje usmjerenja za brzinu čvorova do 2 m/s



Slika 6 Normalizirano opterećenje usmjerenja za brzinu čvorova do 20 m/s

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno analiza performansi protokola rutiranja u mobilnim ad-hoc mrežama za DSDV, AODV i DSR protokol uz pomoć NS-2 simulatora. Za mobilne ad-hoc mreže su predloženi brojni protokoli rutiranja, ali ne postoji univerzalni protokol koji radi dobro u svim scenarijima sa različitim načinima kretanja mobilnih čvorova, mrežnim veličinama i prometnim opterećenjem. Svaki od predloženih protokola se zasniva na drugačijem principu i ima drugačije karakteristike. Analiza performansi protokola rutiranja DSDV, AODV i DSR kroz različite kriterije tj. metrike koje smo definisali ranije, da pronađemo optimalne performanse u datom scenariju i kao što vidimo da mobilnost čvorova jako utiče na performanse MANET mreže tj. na protokole rutiranja. Za razliku od drugih studija koje su poredile različite protokole rutiranja za ad-hoc mreže, ne postoji jasan pobjednik među protokolima u ovom našem slučaju, jer mobilnost čvorova daju različitu ljestvicu performansi protokola rutiranja. Podaci koji mogu mjeriti brzinu prenosa podataka je jedan od kriterija poređenja performansi bilo kojeg protokola rutiranja za mobilne ad-hoc mreže kao što je PDR jer opisuje gubitnu stopu paketa u mreži, u odsustvu zagušenja ili drugih parametara, a možemo odrediti optimalnost mjere sposobnosti protokola rutiranja, efikasnosti korištenja mrežnih resursa, kao izborom brzine prenosa podataka od izvora do odredišta koji su ovisni o našoj simulaciji, što zauzvrat utiče na maksimalni protok koji može da podržava ad-hoc mreža. Na nižim brzinama kretanja mobilnih čvorova, protokoli rutiranja AODV i DSR svoj posao obavljaju vrlodobro i u stanju su isporučiti velike količine paketa, tj. PDR je veliki bez obzira na broj čvorova u odnosu na protokol usmjeravanja DSDV i njegovu mobilnost.

Što je brzina kretanja mobilnih čvorova veća PDR za sve protokole rutiranja se smanjuje što ukazuje da su prekidi veza česti, a svaki protokol rutiranja drugačije reaguje pri prekidima veza. Protokol rutiranja DSDV ima sve manji PDR kako se povećava mobilnost tj. brzina kretanja mobilnih čvorova te stoga ovaj protokol rutiranja nije pogodan za mobilne ad-hoc mreže. Kod DSDV, AODV i DSR protokola rutiranja, vidimo da na malim brzinama kretanja i manjim brojem mobilnih čvorova, prosječno kašnjenje je malo i gotovo isto za sva tri protokola. Ako povećavamo brzinu kretanja mobilnih čvorova očito je da se i prosječno kašnjenje s kraja na kraj povećava za sva tri protokola rutiranja a time se povećava i aktivnost mobilnih čvorova što uzrokuje slabu energetsku efikasnost. Normalizirano optrećenje rutiranja, kod DSDV, AODV i DSR protokola rutiranja kada se mobilni čvorovi kreću malom brzinom, da je taj odnos među protokolima rutiranja približno isti.

Generalno zapažanje iz simulacija nas dovodi do zaključka da u slučajevima slabe pokretljivosti mobilnih čvorova i malog broja konekcija, AODV, DSDV i DSR protokoli rutiranja reaguju na sličan način, dok sa povećanjem pokretljivosti ili opterećenja DSR protokol rutiranja ima najveći PDR u odnosu na AODV i DSDV protokole rutiranja. Daljim povećavanjem pokretljivosti mobilnih čvorova i performanse DSR protokola rutiranja takođe slabe što se može objasniti upotreba memorisanja trasa i nedostatak mehanizma za uklanjanje zastarjelih trasa ili ažuriranje trase kada su na raspolaganju višestruke trase.

LITERATURA

[1] JOHN K. *Trust-based Dynamic Source Routing in Mobile Ad Hoc Networks*, MS thesis, Department of Computer Science, Trinity College Dublin, September 2002.

[2] CHONGGUN K, ELMUROD T, BYOUNGCHUL. *A Reverse AODV Routing Protocol in Ad Hoc Mobile Networks*, LNCS 4097, pp. 522-531, 2006

[3] JOHNSON DB, MALTZ DA, BROCH J. *DSR: The dynamic source routing protocol for multi-hop wireless ad hoc networks*, Ad Hoc Networking, pp. 139-172, 2001.

[4] PERKINS EC, BHAGWAT P. *Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers*, In ACM SIGCOMM'94 Conference on Communications Architectures , Protocols and Applications, 1994, 234-244.

[5] Perkins EC. *Ad Hoc Networking*, Addision Wesley, 2001

ZAHVALNICA

Istraživanja u ovom radu rađena su u sklopu izrade magistarskog rada postdiplomskom magistarskom studiju na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Istočnom Sarajevu, pod mentorstvom Doc. dr Suada Kasapovića.