

Modeli mobilnosti u simulaciji MANET mreža

Valentina V. Timčenko, Borislav S. Đorđević

Sadržaj — U radu je prikazan fleksibilan pristup generisanju modela mobilnosti u simulaciji mobilnih ad hoc mreža (MANET). Pristup se zasniva na integraciji programskog paketa BonnMotion sa mrežnim simulatorom NS2. Razvijen je skup OTel programa za simulator NS2, pomoću kojih su analizirane performanse MANET protokola rutiranja za tri karakteristična modela mobilnosti: statički model, Random Waypoint (RW) i Manhattan Grid (MG). Ovaj skup programa se efikasno može nadograditi drugim modelima mobilnosti za ispitivanje performansi različitih MANET scenarija.

Ključne reči — MANET, model mobilnosti, simulacija, protokol rutiranja

I. UVOD

MOBILNA ad hoc mreža (*Mobile Ad hoc Network*, MANET) je samoorganizujući skup međusobno nezavisnih mobilnih čvorova koji razmenjuju informacije bez potrebe za uspostavljanjem fiksne infrastrukture i centralizovane administracije. Svaki čvor održava ažurnim informacije o mreži i protokolima rutiranja na osnovu kojih obavlja usmeravanje saobraćaja. MANET mreže se primenjuju za vojne potrebe, poslovne mreže, akcije spasavanja i za objekte posebne namene (bolnice ili zgrade sa posebnim sigurnosnim zahtevima). Simulacija i modelovanje mreža su moćni alati u procesu analize ponašanja mreže i njenih karakteristika jer omogućavaju sagledavanje različitosti modela mobilnosti, generisanja saobraćaja, razlika u protokolima i njihovim verzijama kao i raznovrsnosti korisničkih aplikacija. Neka iskustva pri modelovanju i simulacijama u oblasti bežičnih ad hoc mreža predstavljena su u [1].

S obzirom na to da još uvek nisu dovoljno rasprostranjene, istraživanja MANET mreža su uglavnom zasnovana na simulacijama. Uputstva za pravilan razvoj modela/scenarija, izbor parametara i analizu dobijenih rezultata mogu se pronaći u [2], [3]. U poslednjih nekoliko godina učinjen je veliki napredak u procesu razvoja novih alata za modelovanje i simulacije MANET mreža [4]. Međutim, primećuje se nedostatak komparativnih studija performansi dostupnih alata, dok se one postojeće uglavnom zasnivaju na veoma ograničenom skupu eksperimenata i jednostavnih scenarija [5]. NS2 je najčešće korišćen alat za simulaciju MANET mreža, a među ostalim se ističu GloMoSim, OPNET i QualNet [2]. Studije MANET mreža uglavnom kao referentni model

mobilnosti uzimaju *Random Waypoint* (RW) [6]. Veliki broj studija ima za cilj da ukaže na važnost pravilnog odabira modela mobilnosti u procesu evaluacije performansi mreže [7], [8]. Poređenje protokola rutiranja u simulacijama zasnovanim na primeni *Manhattan Grid* (MG) modela mobilnosti predstavljeno je u [9].

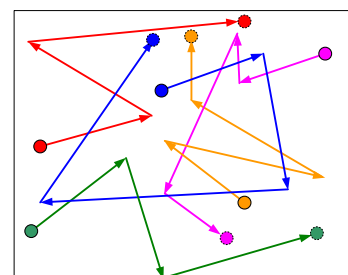
U ovom radu je dat predlog pristupa generisanju scenarija mobilnosti primenom softverskog alata *BonnMotion* i mrežnog simulatora NS2 (*Network Simulator version 2*). Na osnovu toga su analizirana i upoređena tri modela mobilnosti, statički model, RW i MG modeli mobilnosti, uzimajući u obzir različite protokole rutiranja i veličinu mreže.

II. MODEL MOBILNOSTI

Modeli mobilnosti treba što vernije da oponašaju kretanje realnih mobilnih uređaja u mreži. Zasnovani su na podešavanju vrednosti skupa parametara vezanih za kretanje čvorova. Osnovni parametri su početna pozicija mobilnog čvora, smer i opseg brzina kretanja i promene brzine tokom vremena.

Statički model homogeno raspoređuje čvorove u simuliranoj oblasti i podrazumeva njihovu statičnost. Ovom modelu se mogu pripisati karakteristike kao što su *cut of phase*, odnosno vremenski interval koji se dodeljuje modelu pre početka praćenja simulacije, trajanje simulacije, dimenzije simulacione ravni i drugi.

RW model podrazumeva da se svaki čvor nalazi u slučajno odabranoj poziciji u okviru simulirane oblasti. Čvorovima je dozvoljeno da pre promene smera i brzine kretanja naprave pauzu. RW model (SI.1) omogućava uvođenje vremenskog perioda (*cut of phase*) pre početka praćenja kretanja čvorova za koje se mobilni čvorovi ravnomerno raspoređuju u simuliranoj oblasti.



SI. 1. *Random Waypoint* model mobilnosti

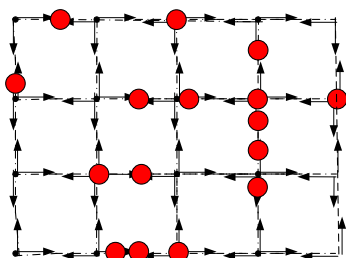
Takođe se mogu definisati vreme trajanja simulacije, širina i dužina oblasti u kojoj se obavlja simulacija (x,y), minimalne i maksimalne dozvoljene brzine kretanja (v_{\min} i v_{\max}), kao i dozvoljena pauza između dva perioda kretanja čvora. Pazuama se prevazilazi problem naglih

V. V. Timčenko, Institut Mihajlo Pupin, Srbija (telefon: 381-11-2774959; e-mail: valentina.timcenko@institutepupin.com).

B. S. Đorđević, Institut Mihajlo Pupin, Srbija (telefon: 381-11-2773383; e-mail: bora@impcomputers.com).

prekida kretanja i većih promena brzina i smera kretanja. Nakon isteka pauze, čvor nasumično bira novo odredište i brzinu kretanja kao slučajnu uniformno raspoređenu veličinu iz definisanog opsega brzina $[v_{min}, v_{max}]$.

MG je prvobitno definisan za potrebe modeliranja mreže ulica Menhetna. Kretanje se obavlja jedino horizontalnim i vertikalnim linijama koje predstavljaju ulice grada.



Slika 2. MG model mobilnosti

MG model (Sl.2) se opisuje srednjom brzinom kretanja, minimalnom brzinom kretanja, podešenom vrednošću verovatnoće promene brzine u trenucima ažuriranja podataka kao i verovatnoćom promene smera i pravca kretanja čvorova na raskrsnicama mreže.

III. PREGLED PROTOKOLA RUTIRANJA

Na osnovu procedura za uspostavljanje ruta i njihovo ažuriranje, MANET protokoli rutiranja se mogu klasifikovati u proaktivne, reaktivne i hibridne.

Proaktivni protokoli funkcionišu na osnovu konzistentnih i redovno ažuriranih tabela rutiranja, koje održavaju time što svaki čvor u mreži svom susedu šalje informacije o promenama i na taj način ih distribuira kroz mrežu. Svaki čvor sadrži tabelu rutiranja u kojoj beleži informacije o rutiranju, a informacije o svakoj promeni se propagiraju kroz mrežu.

Reaktivni protokoli funkcionišu na osnovu povremenih zahteva za ažuriranjem vrednosti u tabeli rutiranja i to onda kada čvor ima potrebu za uspostavljanjem rute ka nekom odredišnom čvoru. Nakon što dobije zahtev za uspostavljanjem rute, čvor započinje proces potraživanja rute a zatim je održava sve dok za njom postoji potreba.

Hibridni protokoli kombinuju osobine proaktivnih i reaktivnih protokola radi dobijanja efikasnih šema rutiranja za specifične scenarije i aplikacije.

DSDV je proaktivni protokol rutiranja zasnovan na Bellman-Ford algoritmu. Svaki čvor održava svoju tabelu rutiranja u kojoj čuva podatke o svim postojećim odredištima kao i broj međučvorova do svakog odredišta. Dinamika mreže može biti velika, pa je potrebno da se česte i brze promene u mreži redovno ažuriraju u tabelama i da se o njima informišu ostali čvorovi.

AODV je reaktivni protokol i predstavlja unapređenu verziju DSDV protokola rutiranja, jer podrazumeva minimizovan broj potrebnih *broadcast* poruka za slanje u situaciji kada je potrebno naći odgovarajuću rutu između dva čvora. Rute se kreiraju na zahtev i održavaju samo dok je ruta u upotrebi. Time se štedi na resursima jer se ne održava kompletna lista ruta već samo onih koje su zaista

potrebne za funkcionisanje mreže.

DSR je reaktivni protokol koji podrazumeva da svaki čvor vodi računa o rutama koje ga se tiču i da ih smešta u keš tabelu rutiranja. Nakon što primi zahtev za uspostavljanjem rute, čvor će prvo proveriti u keš tabeli da li ona već postoji a ukoliko ne postoji inicijalizovaće njeno uspostavljanje. DSR zauzima više memorije ali u isto vreme ubrzava proces pronalaženja rute i smanjuje vrednost ukupnog kašnjenja koja nastaju u mreži.

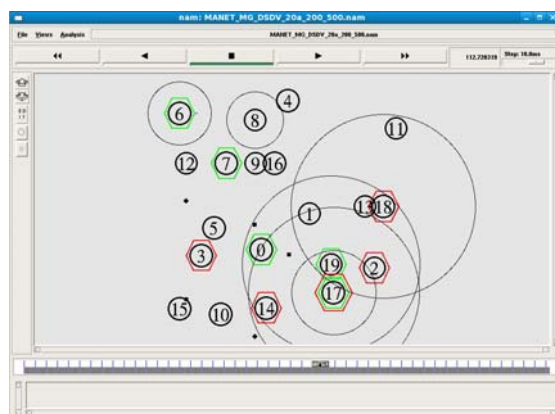
IV. GENERISANJE MODELA MOBILNOSTI

Simulacije su izvršene primenom NS2 [10]. NS2 je simulator vođen događajima u diskretnom vremenu. Razvijen je metodama objektno - orijentisanog projektovanja, na programskom jeziku C++, sa korisničkim interpreterom OTcl (*Object-oriented Tool command language*) skriptova. NS2 koristi skup biblioteka C++ klasa objekata kojima implementira različite vrste mreža i protokola. Obrada generisanih događaja omogućena je zahvaljujući C++ jezgri simulatora dok se programiranje scenarija simulacije obavlja pomoću OTcl. *Network Animator* (NAM) je pomoćni alat NS2 simulatora za animaciju i vizuelno praćenje procesa simulacije (tokovi saobraćaja, kretanje čvorova, stanje redova i dr.)

TABELA 1: HARDVERSKA I KONFIGURACIJA OS.

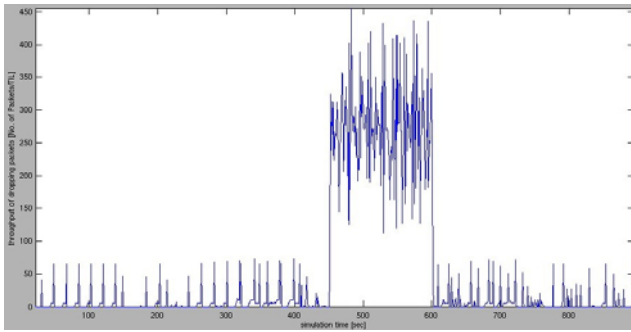
Processor	Pentium 4, CPU 1.8 GHz
RAM	480 MB
OS	Linux, RedHat dist.
OS kernel	Fedora 6, kernel 2.6
Simulator	NS2v2.32, NAMv1.13, TCLv8.4.15

Na Sl. 3 je predstavljen primer prikaza prozora NAM aplikacije. Hardverska i konfiguracija operativnog sistema su predstavljene u Tabeli 1.



Sl. 3. Primer prikaza prozora NAM aplikacije

Nakon izvršene simulacije generiše se *trace* fajl na osnovu koga se vrši analiza rezultata. U ovom istraživanju, korišćen je programski paket *Trace Graph* za obradu, interpretaciju i prikaz rezultata [11]. Na Sl. 4 je dat primer rada *Trace Graph* aplikacije u slučaju proračuna broja odbačenih paketa u toku simulacije mreže od 100 čvorova, primenjenog RW modela mobilnosti i AODV protokola.



Sl. 4. Primer prikaza prozora Trace Graph aplikacije

Za potrebe generisanja scenarija mobilnosti primenjen je softverski alat *BonnMotion* [12]. Ovaj alat je zasnovan na Java platformi i omogućava kreiranje simulacionog okruženja zasnovanog na karakteristikama scenarija mobilnosti definisanim od strane korisnika. Aplikacija se pokreće iz terminala komandama kojima se postavljaju željene vrednosti parametara modela mobilnosti. Primer sintakse komande *BonnMotion* aplikacije je:

```
./bm -f <sc_name> <model> -n <num> -d
<dur> -i <incph> -x <x> -y <y>
```

Ovom komandom se kreira novi scenario pod nazivom *sc_name*, sa definisanim modelom mobilnosti kroz promenljivu *model* i broj čvorova kroz promenljivu *num*. Dužina trajanja simulacije se definiše sa *dur* mereno u sekundama, dok odsecanje početne faze simulacije korisnik definiše preko promenljive (*initial cut of phase*) *incph* takođe izraženo u sekundama. Površina oblasti u kojoj će se obaviti simulacija definisana je vrednostima parametara *x* i *y*. Komandom:

```
./bm NSFile -f <sc_name>
```

se generiše fajl *sc_name.ns_movements* i predstavlja verziju skripta pogodnu za primenu u NS2 simulacionom okruženju. Ovako generisan skript se povezuje sa glavnim OTcl simulacionim skriptom.

V. PRIMER SIMULACIJE

Ispitivani scenariji podrazumevaju rad sa MANET mrežama od 20 i 100 mobilnih čvorova i parametrima definisanim u Tabeli 2.

TABELA 2: VREDNOSTI PARAMETARA SIMULACIJE

Trajanje simulacije	200 s
Protokoli rutiranja	DSDV, AODV, DSR
Mrežni interfejs	Phy/WirelessPhy
Dometa čvora	250m
CBR/UDP	512Byte; int-time 0.2 s
Maks. br. paketa u redu	100
MAC protokol	MAC/802.11
Antena	OmniAntenna
Dimenzije sim. ravni	500m x 500m

Implementirana su tri različita modela za svaku od posmatranih mreža: statički, RW i MG model. Izvori saobraćaja su ravnomerno distribuirani u MANET mreži u

skladu sa trenutno primenjenim scenarijem mobilnosti. Parametri modela mobilnosti dati su u Tabeli 3.

U prvom eksperimentu je analiziran odnos ukupnog broja primljenih i poslatih paketa podataka (*packet delivery fraction - pdf*) u zavisnosti od protokola rutiranja i modela mobilnosti. Rezultati simulacije za mreže veličine 20 i 100 čvorova predstavljeni su na Sl. 5.

Pokazuje se da su vrednosti *pdf* u slučaju RW i Statičkog modela značajno veće u odnosu na slučaj kada je primenjen MG model. U slučaju MG modela kretanje čvorova je značajno ograničeno a striktno predefinisana rešetka kretanja uslovljava rast broja potrebnih čvorova na putanji između izvorišnog i odredišnog čvora u odnosu na druge modele. Osim toga, veći je broj prekida uspostavljenih putanja čime povećan broj grešaka u rutiranju paketa i broj izgubljenih paketa. Rezultat je manji procentat isporučenih paketa nego što je u slučaju ostala dva modela.

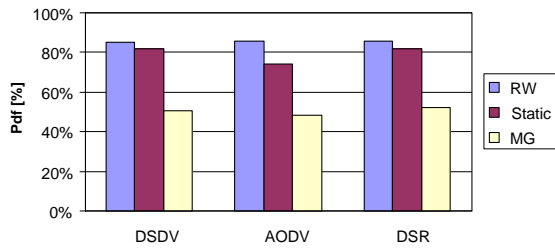
TABELA 3: PARAMETRI MODELA MOBILNOSTI

Statički	Density level = 1
Random Waypoint	Min. speed = 5m/s Max. speed = 10m/s Max. pause = 60 sec
Manhattan Grid	X, Y axis blocks = 10, 10 Update distance = 5.0 m Turn probability = 0.5 Speed change prob. = 0.2 Min. speed = 5 m/s Mean speed = 10 m/s Max. pause = 120 sec

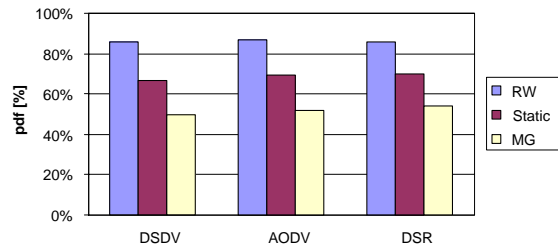
U drugom eksperimentu razmatrano je prosečno kašnjenje paketa podataka (*average end-to-end delay*). Prosečno kašnjenje uključuje sva kašnjenja: baferisanje paketa tokom procesa pronalazanja novih ruta, upravljanje redovima na interfejsima, ponovno slanje pojedinih paketa, kašnjenje pri propagaciji i redovnom prenosu paketa. Vrednosti prosečnog kašnjenja za mreže veličine 20 i 100 čvorova predstavljene su na Sl. 6.

Najveće kašnjenje je u slučaju MG modela jer mobilni čvorovi mogu da se kreću samo po predefinisanim putanjama u četiri moguća pravca i sa tačno određenim verovatnoćama promene pravca.

Što se tiče protokola rutiranja, najmanje vrednosti kašnjenja i najstabilnije rezultate daje DSDV koji podrazumeva da svaki mobilni čvor u svojoj tabeli rutiranja čuva podatke o svim čvorovima i promenama u mreži. U slučaju DSR, kašnjenja u mreži su veća nego za DSDV i niža u poređenju sa AODV posebno za manjih mreža. AODV ne koristi keš tabele rutiranja, čime je neophodno vreme za kreiranje nove rute duže nego u slučaju DSR. U slučaju svih razmatranih protokola rutiranja, sa povećanjem broja čvorova raste vrednost prosečnog kašnjenja. Najveće kašnjenje se javlja za AODV jer rute kreira samo na zahtev. Izvedeni eksperimenti su ukazali na to da gustina mreže ima jak uticaj na njene performanse. Osim u slučaju statičkog modela, primećeno je da povećanjem gustine mreže vrednost prosečnog kašnjenja raste a *pdf* se poboljšava.

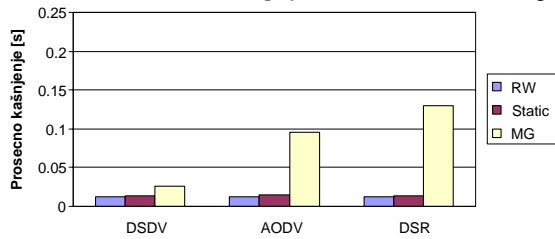


(a) 20 mobilnih čvorova

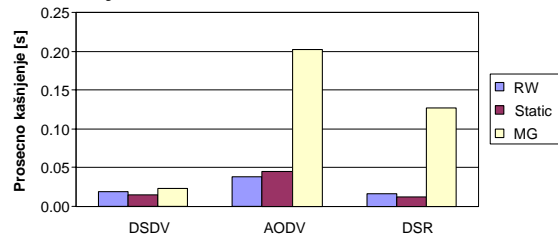


(b) 100 mobilnih čvorova

Sl. 5. pdf vrednosti za različite protokole rutiranja i modele mobilnosti



(a) 20 mobilnih čvorova



(b) 100 mobilnih čvorova

Sl. 6. Prosečna kašnjenja za različite protokole rutiranja i modele mobilnosti

VI. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pristup generisanju scenarija mobilnosti za potrebe simulacije MANET mreža. Studija je obuhvatila tri modela mobilnosti generisana pomoću softverskog alata BonnMotion u okuženju simulatora NS2. Razvijen je skup specifičnih OTcl skriptova za rad u NS2 mrežnom simulatoru, za potrebe istraživanja uticaja modela mobilnosti na performanse MANET mreža različitih veličina. Predloženi pristup primenjen je u analizi performansi protokola rutiranja. Efikasnost ovog pristupa ogleda se u kombinovanju postojećih *open source* alata sa razvojem sopstvenih OTcl programa. Značajna je i mogućnost ekstenzije razvijenog skupa OTcl skriptova uvođenjem novih modela mobilnosti. Na taj način bi bila realizovana platforma za sveobuhvatna istraživanja performansi MANET mreža.

ZAHVALNICA

Rad je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (Projekat tehnološkog razvoja TR 11002).

LITERATURA

- [1] L. F. Perrone et al., "Modeling and Simulation Best Practices for Wireless Ad Hoc Networks", *Proc. of the 2003 Winter Simulation Conf.*, vol. 1, pp. 685-693, Dec. 2003
- [2] Kurkowski S, Camp T, Colagrosso M, "MANET simulation studies: the incredibles", *Mobile Computing and Communication Review* 9(4), pp: 50-61, 2005
- [3] Frantti T, Taramaa M, "Reliable simulation of ad hoc networks". *WSEAS Trans. on Communications* vol. 5, pp:2167-2174, 2006
- [4] W. T. Kasch et al., "Wireless network modeling and simulation tools for designers and developers", *IEEE Comm. Magazine*, vol. 47, no. 3, pp. 120-127, March 2009.
- [5] G. F. Lucio et al., "OPNET Modeler and NS-2: Comparing the Accuracy of Network Simulators for Packet-Level Analysis using a

Network Testbed", *Proceedings of the International Conference WSEAS 2003, Greece.*

- [6] G. Lin et al., "Mobility models for ad hoc network simulation", *Proc. of IEEE INFOCOM*, vol. 1, pp. 7-11, 2004.
- [7] T. Camp et al., "A survey of mobility models for ad hoc network research", in *Wireless Comm. & Mobile Computing*, vol. 2, pp. 483-502, 2002.
- [8] B. Divecha et al., "Impact of node mobility on MANET routing protocols models", *Journal of Digital Information Management*, February 2007.
- [9] G. Jayakumar, G. Gopinath, "Performance comparison of MANET protocol based on Manhattan Grid model", *Journal of Mobile Communications*, vol. 2, pp. 18-26, 2008.
- [10] Network Simulator NS2 and Network Animator NAM. [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [11] J. Malek, "Trace Graph – NS Trace Files Analyzer", 2003. [Online]. Available: <http://www.geocities.com/tracegraph>.
- [12] M. Gerharz, C. de Waal, "BonnMotion - a mobility scenario generation tool", University of Bonn, [Online]. Available: www.cs.uni-bonn.de/IV/BonnMotion/

ABSTRACT

This paper considers different mobility scenarios for simulating mobile ad hoc networks (MANET) using Network Simulator version 2 (NS2) and its associated tools for animation and analysis of results. The three widely used mobility models have been investigated: static model, Random Waypoint (RW) and Manhattan Grid (MG). We have developed a set of specific OTcl scripts for NS2 that are applicable for a wide range of MANET scenarios. Comparative analysis of simulation results includes network performance with respect to network size and different routing protocols.

MOBILITY MODELS IN MANET SIMULATIONS

Valentina Timčenko, Borislav Đorđević