

Sigurnosni uslovi i primjer aplikacije u mreži vozila

Izet Jagodić
Mješovita srednja škola Živinice
Živinice
izet.jagodic@gmail.com

Suad Kasapović, Lejla Banjanović-Mehmedović
Fakultet elektrotehnike
Univerzitet u Tuzli
Tuzla, Bosna i Hercegovina
suad.kasapovic@untz.ba, lejla.mehmedovic@untz.ba

Sažetak—Razmjenjivanje podataka preko VANET (eng., Vehicular Ad Hoc Networks) mreže igra važnu ulogu u sigurnosti saobraćaja. Takve informacije moraju biti tačne i pravovremene, jer životi mogu zavisiti od njih. Stoga, potrebno je prvo demonstrirati uticaj VANET prije implementacije, te se provode kompjuterske simulacije koje obuhvaćaju komunikacijske modele, mobilne modele automobila i modele VANET aplikacija. U ovom radu je predstavljena simulacija jedne sigurnosne aplikacije da bi se prikazali primjer uticaja VANET mreža na sigurnost saobraćaja i učinkovitost te aplikacije. Ovaj rad nudi trenutni status sigurnosnih aplikacija preko VANET-a. U tu svrhu, identificirani su i analizirani različiti modeli komunikacija sa sigurnosne tačke gledišta.

Ključne riječi:-mreža vozila, sigurnost, VANET, SUMO

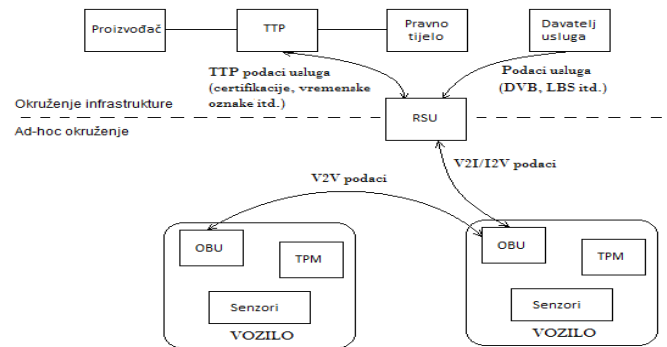
I. UVOD

VANET spada u MANET (eng., Mobile Ad-hoc Networks) mreže u kojima su komunikacijski čvorovi uglavnom vozila. Kao takva, ova vrsta mreže bi se trebalo nositi sa velikim brojem visoko mobilnih čvorova, eventualno raspoređenim na različitim putevima. U VANET mrežama, vozila mogu komunicirati jedni s drugima (V2V, Vozilo-Vozilo komunikacija) ili se mogu konektovati na infrastrukturu kako bi dobili neke usluge (V2I, Vozilo-Infrastruktura komunikacija) [1]. Podrazumjeva se da se infrastruktura nalazi uz prometnice. Razmjenjivanje podataka preko VANET mreža često igra važnu ulogu u sigurnosti saobraćaja. Npr. u eCall projektu [2], kad senzori unutar vozila detektuju da se dogodila nesreća obavlja se poziv za hitne slučajeve. Takve informacije moraju biti tačne i istinite, jer životi mogu zavisiti od njih. Privatnost vozača isto tako treba biti zaštićena - neovlaštene osobe ne bi trebalo da lako prate vozilo.

II. VANET IZAZOVI I ENTITETI

Ako vozila mogu direktno komunicirati jedni s drugima i sa infrastrukturom, stvara se jedan potpuno novi koncept sigurnosnih aplikacija. Takođe, stvaraju se novi izazovi sa većim brzinama vozila i visoko dinamičnim radnim okruženjima a novim sigurnosnim aplikacijama potrebni su novi zahtjevi, uključujući očekivanja za velikom brzinom dostavljanja paketa, manjim gubicima paketa i malim kašnjenjem [3]. VANET komunikacija može biti direktno između vozila kao *one-hop* komunikacija, ili vozila mogu prenositi poruke, ostvarujući multihop komunikaciju. Da bi se povećala pokrivenost i robusnost komunikacije, mogu se

razviti releji pored ceste. Infrastruktura pored ceste se također može iskoristiti kao gateway za internet gdje se mogu prikupiti, pohraniti i obrađivati podaci i potrebne informacije. Aspekti sigurnosti i učinkovitosti se ne mogu posmatrati u potpunosti odvojeno. Poruka koja obavještava o nesreći može se smatrati sigurnosnom porukom iz perspektive obližnjih vozila. Što se tiče daljih vozila, ova poruka se može iskoristiti kao parametar za izračunavanje alternativnog puta pomoću aplikacije za učinkovitost prijevoza. Da bi se razumjeli sigurnosni problemi ovih mreža, potrebno je analizirati entitete i njihove odnose. Slika 1. prikazuje tipičnu VANET šemu.



Slika 1. Pojednostavljeni VANET model

Kao što se vidi sa Slike 1, generalno se razmatraju dva različita okruženja u VANET-u [4].

- Okruženje infrastrukture. U ovom dijelu mreže, entitete mogu biti trajno povezani. Sastavljen je uglavnom od onih entiteta koji upravljaju saobraćajem ili nude neke dodatne usluge. U jednu ruku, proizvođači se ponekad smatraju dijelom VANET modela. Kao dio procesa proizvodnje, oni identifikuju svako vozilo pojedinačno. S druge strane, pravno tijelo je obično prisutno u VANET modelu. Uprkos različitim propisima u svakoj zemlji, ovaj entitet obično ima dva glavna zadatka - registracija vozila i izvoštavanje o prekršajima. Pouzdane treće strane (engl. Trusted Third Parties, skraćeno TTP) su također prisutne u ovom okruženju. One nude različite usluge kao što su certifikacije i vremensko označavanje. I proizvođači i vlasti su povezane sa TTP-om zato što eventualno trebaju usluge ovog entiteta (npr. za izdavanje elektroničkih uvjerenja). Davatelji usluga se isto tako smatraju dijelom VANET-a. Oni nude usluge kojima se može pristupiti kroz VANET.

• Ad-hoc okruženje. U ovom dijelu mreže, uspostavlja se ad-hoc komunikacija između vozila. Sa tačke gledišta VANET-a, vozila su opremljena sa tri različita uređaja. Komunikacijskom jedinicom (engl. On-Board Unit, skraćeno OBU) koja omogućava Vozilo-Vozilo (engl. Vehicle-to-Vehicle, skraćeno V2V) i Vozilo-Infrastruktura (engl. Vehicle-to-Infrastructure, skraćeno V2I) komunikacije, zatim senzore za mjerenje statusa (npr. potrošnja goriva) i njihovog okruženja (npr. klizava cesta, bezbjedna udaljenost). Ovi senzorski podaci se mogu dijeliti s drugim vozilima za povećanje njihove svijesti i poboljšanje sigurnosti na cestama. Na vozilima je često montiran TPM (engl. Trusted Platform Module). Ovi uređaji su posebno bitni za sigurnosne svrhe, jer nude pouzdanu pohranu i proračun. Na taj način osjetljive informacije (npr. korisnička uvjerenja ili informacije prije sudara) mogu biti pouzdano pohranjene. VANET kao komunikacijska mreža nameće nekoliko jedinstvenih zahtjeva. Vozila se kreću relativno velikom brzinom, s druge strane, veliki broj vozila prisutnih na putu može dovesti do stvaranja ogromne mreže. Dakle, razvijen je određeni komunikacijski standard, nazvan DSRC (engl. Dedicated Short Range Communications) koji se bavi takvim zahtjevima. Ovaj standard predviđa da će komunikacijski uređaji biti smješteni pored puteva, koji se zovu RSU (engl. Road-Side Unit). To su stacionarne jedinice koje imaju ogroman prostor za pohranu, veliku brzinu prijenosa, veliki doseg i dovoljno procesorske snage. RSU uređaji postaju gateway-i između infrastrukture i vozila, kao i obrnuto.

III. SIGURNOSNI USLOVI U VANET KOMUNIKACIJI

Uzimajući u obzir različite entitete koje imamo i podatke koji se šalju, potrebno je predstaviti sigurnosne uslove. Tabela 1 prikazuje sigurnosne zahtjeve za više tipova VANET komunikacije [5]. Iako se I2V i V2I uzimaju kao jedan tip komunikacije, oni imaju različite sigurnosne zahtjeve pa će biti razmatrani razdvojeno u ovom slučaju.

Tip / uslov	V2V širenje upozorenja	V2V grupna komunikacija	V2V obavješćavanje	I2V upozorenje	V2I upozorenje
Identifikacija entiteta	+(AV)	-	+(S)	+(S)	+(S i R)
Potvrda entiteta	+(S)	-	+(S)	+(S)	+(S i R)
Potvrda svojstva	-	+(S i R)	-	-	-
Zaštita privatnosti	+	+	+	-	+
Neosporavanje	+(S)	-	+(S)	+(S i R)	+(S i R)
Povjerljivost	-	+	-	-	-
Dostupnost	+	+	+	+	+
Povjerljivost podataka	+	+	+	+	+

Napomena: AV – sva vozila, R - primalac, S - pošiljalac

TABELA I. SIGURNOSNI UVJETI ZA SVAKI TIP VANET KOMUNIKACIJE

Identifikacija entiteta predstavlja uvjet da svaki entitet koji učestvuje treba da ima različit i jedinstven identifikator. Svaka aplikacijska grupa ima različite potrebe u vezi s tim uslovima. Identifikatori su neophodni za formiranje tablica usmjeravanja.

Za razliku od I2V upozorenja, V2I zahtijevaju da bude identificirano i potvrđeno emitirajuće vozilo. Samo vozila pouzdanog identiteta će moći slati poruke. Privatnost je postignuta kada su ispunjena dva cilja: nemogućnost praćenja i nemogućnost povezivanja. Prvo svojstvo govori da se ne bi trebala pratiti kretanja vozila. S druge strane, drugo svojstvo govori da ne bi trebalo biti moguće da neautorizovani entitet poveže identitet vozila sa njegovim vozačem/vlasnikom [6]. Zaštita privatnosti treba biti uklonjena kada to zahtijevaju prometne vlasti. Ovaj uslov je prisutan u svim V2V komunikacijama.

Neosporavanje obezbjeđuje da entitet ne bude u mogućnosti odbiti slanje ili primanje neke poruke. Potrebno je za pošiljaoca u V2V širenju upozorenja i V2V obavješćavanju. Ovim putem, ako vozilo šalje neke zlonamjerne podatke, postojaće dokaz koji može biti iskorišten u svrhu odgovornosti.

Povjerljivost, osigurava da će poruke biti pročitane samo od strane ovlaštenih osoba. Ovaj zahtjev je prisutan samo u grupnoj komunikaciji, gdje je samo članovima grupe dozvoljeno da vide ove informacije. Ostali tipovi VANET komunikacija prenose javne informacije.

Uslov dostupnosti podrazumjeva da je svaki čvor u mogućnosti da šalje bilo kakve informacije u bilo koje vrijeme. Dizajnirani komunikacijski protokoli i mehanizmi bi trebali sačuvati što je moguće više propusnog opsega i snage pri ispunjavanju ovog sigurnosnog uslova. Podaci koji se šalju se ne bi trebali mijenjati, i što je još važnije, treba da su istiniti. Također se podrazumijeva da su podaci svježiji (odnosi se na trenutno stanje u okolini).

IV. SIMULACIJA SIGURNOSNE APLIKACIJE U VEINS FRAMEWORKU

Simulacija sigurnosne aplikacije u Veins frameworku [9] urađena u radu, sadrži SUMO scenario te komunikacijski model vozila i autoputa (.ned fajlovi). Prvo su opisani modeli te simulacija sigurnosne aplikacije "upozorenje nakon nesreće ili kvara" preko V2V komunikacije. Scenario sigurnosne aplikacije sadrži niz vozila koja se kreću istom rutom sa određenog mjesta ka cilju. U određenoj vremenskoj instanci jedno od vozila će se zaustaviti (uslijed nesreće ili kvara) te će javiti ostalim vozilima iza i ispred o svom zaustavljanju. Ostala vozila koja su primila poruke obavješćenja imaju zadatak da ih prosljede dalje. Vozila iza zaustavljenog vozila će se zaustaviti, dok će vozila ispred zaustavljenog vozila nastaviti svoj put. Nakon određenog vremena zaustavljeno vozilo će se nastaviti kretati svojom rutom, a zatim i ostala zaustavljena vozila iza njega. Simulacija se završava kada sva vozila dođu do određenog cilja.

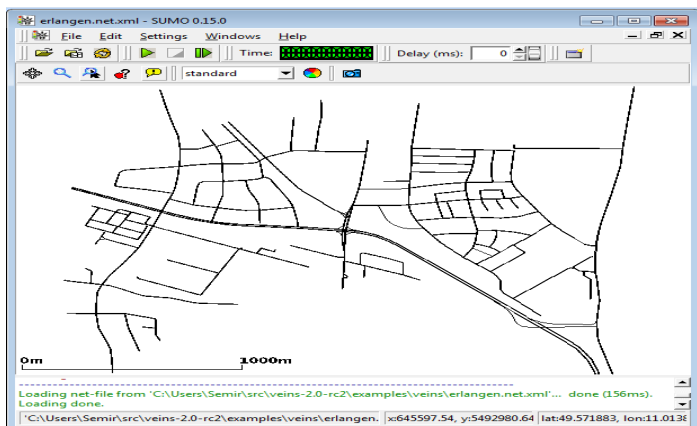
A. SUMO Scenario

Simulator saobraćaja u Veins frameworku je SUMO [10]. U SUMO-u, mreže puteva su XML datoteke. Postoji više vrsta podatkovnih XML datoteka, ali u ovoj simulaciji su korištene

tri i to: mrežni fajl (ekstenzija *.net.xml), fajl sa rutama (ekstenzija *.rou.xml) i poligonski fajl (ekstenzija *.poly.xml). Osim ovih datoteka, potrebna je još jedna CFG (konfiguracijska) datoteka za SUMO i SUMO GUI (*.sumo.cfg).

1) Opis potrebnih XML datoteka

SUMO mrežna datoteka opisuje dio mape vezane za saobraćaj. Uglavnom sadrži mrežu puteva, raskrsnica i semafora na mapi (Slika 2). Moguće je pretvoriti postojeće mape iz različitih formata koristeći *netconvert* ili generirati geometrijski jednostavne, apstraktne cestovne mape sa *netgenerate* alatom. Također se može koristiti *netedit* alat za izgradnju svojih saobraćajnih mreža ili za preuređenje mreža dobivenih *netconvert* i *netgenerate* alatima.



Slika 2. SUMO mrežni fajl prikazan u SUMO GUI - erlangen.net.xml

SUMO mreža je ustvari usmjereni graf. "Čvorovi" (nodes) predstavljaju raskrsnice, a "ivice" (edges) su putevi. Na osnovu ove strukture, SUMO mreža sadrži sljedeće informacije vezane za saobraćaj: svaku ulicu (ivicu) kao kolekciju traka, poziciju, oblik i ograničenje brzine svake trake, regulaciju prava puta, veze između traka na raskrscima (čvorovima), položaj i logiku semafora. Kodni zapis mrežnog fajla simulacije erlangen.net.xml sadrži atribute i parametre ivica i traka. Atributi ivice u mrežnom fajlu su prikazani u Tabeli II.

TABELA II. ATRIBUTI IVICE U MREŽNOJ DATOTECI

Ime	Tip	Opis
id	id (string)	id ivice
from	id (string)	id čvora gdje počinje ivica
to	id (string)	id čvora gdje se završava ivica
priority	integer	Prikazuje važnost ceste
function	enum ("normal", "internal", "connector")	Sažeta svrha ivice

Svaka ivica sadrži definicije traka koje ona sadrži a svaka traka je definirana sljedećim atributima: *id* - id trake, *depart* - informacija da li vozila koja počinju da se kreću na ovoj ivici normalno koriste traku (=1) ili ne (=0), *vclasses* - lista klasa vozila kojima je dozvoljeno/nije dozvoljeno da se kreću ovom trakom, *speed* - maksimalna brzina dozvoljena na ovoj traci i *length* - dužina ove trake SUMO route fajl sadrži definiciju vozila, tipa vozila, i ruta. Važno je znati da vozilo u SUMO-u ima tri dijela: *tip vozila* - koji opisuje fizičke osobine tog vozila, *ruta* - kojom će vozilo ići, i na kraju samo *vozilo*. I rute

i tip mogu biti podijeljeni između nekoliko vozila. Prvo je definiran tip vozila (*vType*). Nakon tipa vozila, definirane su rute (u našem slučaju jedna ruta, jer nam je jedna potrebna). Rute trebaju da budu spojene. Moguće je da simulacija neće izbaciti grešku ako se sljedeća ivica trenutne rute ne nastavlja na trenutnu ivicu. Vozilo će jednostavno stati na kraju trenutne ivice i moguće je da će se "teleportirati" na sljedeću ivicu nakon nekog vremena. Dužina početne ivice treba da bude veća od dužine vozila koje kreće sa nje. Dakle, vozila mogu kretati jedino sa pozicija na kojim mogu stati cijeli na cestu. *Flow* komandom nije opisano samo jedno vozilo, nego više njih. Broj vozila se definiše atributom *number*. Vrijeme izbacivanja vozila je periodično sa vremenom određenim *period* atributom. Oba ova atributa moraju biti tipa vrijednosti integer. Dakle, u suštini *flow* komanda nam daje scenario gdje se određeni broj vozila nekog tipa izbacuje na određenu rutu sa nekim periodom.

Modul prepreka u OMNeT-u koji je odgovoran za modeliranje prepreka zahtjeva i jedan XML fajl sa definicijom šeme koja opisuje prepreke u scenariju. Za naš slučaj korišten je poligonski fajl - erlangen.poly.xml. Poligonski fajl može biti napravljen koristeći *polyconvert* aplikaciju. Sastoji se od geometrijskih objekata koji su spremjeni jedan po jedan komandom *poly*.

2) SUMO konfiguracijska datoteka

Svaki scenario u SUMO-u ima *.sumo.cfg datoteku povezanu s njim koja pokazuje kako se koriste odgovarajući *.net.xml i *.rou.xml fajlovi. Ovom datotekom se također određuje i vrijeme početka i kraja simulacije.

Nakon što su ubačeni potrebni XML fajlovi u konfiguracijski fajl, određeno je vrijeme početka i kraja simulacije. Pokretanjem konfiguracijskog fajla u SUMO GUI aplikaciji dobiva se konačan SUMO scenario sa svim mrežama puteva, objektima, vozilima i njihovim rutama.

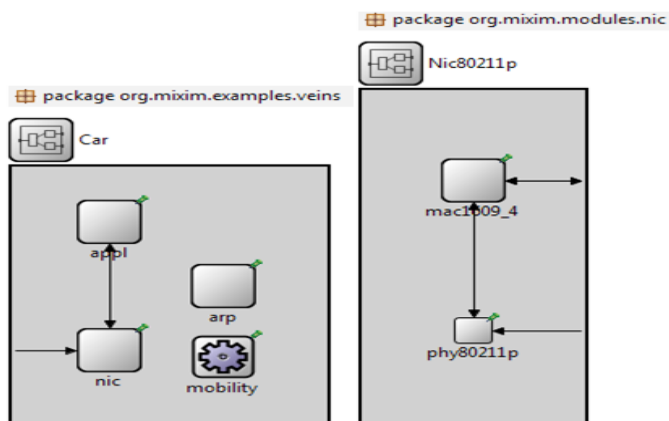
3) Model vozila i autoputa u MiXiM frameworku

Komunikacijski modeli vozila i autoputa definisani su sa NED datotekama u OMNeT++ MiXiM frameworku. NED datoteke samo definišu strukturu modela, i ostavljaju ponašanje i podset modularnih parametara otvoren. Ponašanje se dodaje C++ kodom iza jednostavnih modula, i modularni parametri koji su ostavljeni nedodjeljeni u NED fajlovima će dobiti svoje vrijednosti iz INI datoteka.

Model vozila je sastavljen od nekoliko submodula (Slika 3). Zbog specifičnih karakteristika pokretljivosti vozila (kao što su kratkotrajne veze nadolazećih vozila, visoko relativne brzine i eventualno nestabilne veze) stvoren je IEEE 802.11 standard prilagođen komunikacijama između vozila, objavljen kao IEEE 802.11p [11].

Model autoputa je sastavljen od četiri modula: *world*, *connectionManager*, *obstacles* i *annotations*. *World* modul se koristi za prikupljanje globalnih parametara kao što su dimenzije mreže (područje u kome se nalaze vozila/čvorovi) i sadrži tri parametra playgroundSize X, Y i Z koja određuju dimenzije područja simulacije. *connectionManager* modul je odgovoran za dinamičko upravljanje konekcijama između vozila. Dakle, ovaj modul ostvaruje konekcije između vozila čije je rastojanje ispod granice maksimalne udaljenosti na kojoj

nema smetnji i prekida konekcije između vozila čija rastojanja prelaze ovu granicu. Gubitak konekcije može biti zbog pokretljivosti vozila (vozila su previše udaljena), zbog promjene u snazi prijenosa ili zbog sudara vozila. Bitan faktor koji utiče na maksimalno rastojanje bez smetnji je slabljenje uzrokovano od strane objekata koji se nalaze na LOS-u (Line-Of-Sight) između dva vozila. Svi objekti su registrovani sa objects modulom. On upravlja objektima u simulaciji. Ovaj modul implementira algoritam koji provjerava da li je linija koja spaja dva vozila u okruženju prekinuta sa granicama jednog ili više objekata. Zatim se određuje dodatno slabljenje dodavanjem faktora slabljenja objekta koji presijeca liniju u zavisnosti od frekvencije. connectionManager koristi ovu vrijednost za podešavanje granice maksimalne udaljenosti bez smetnji između dva vozila.



Slika 3. Model vozila u MiXiM frameworku

V. SIMULACIJA SCENARIJA I ANALIZA

U OMNeT++, simulacijski modeli se konfiguriraju za egzekuciju koristeći konfiguracijske datoteke sa .ini ekstenzijom (INI fajlovi) [12]. INI fajlovi su tekstualni fajlovi, koji se mogu mijenjati sa bilo kojim tekstualnim editorima. Međutim, u OMNeT++ postoji alat koji je specijalno namijenjen u tu svrhu. INI File Editor je dio OMNeT++ IDE i veoma je efikasan kao pomoć korisniku u pisanju INI fajlova. Veoma je koristan alat jer posjeduje detaljan opis simulacijskog modela, sintaksu INI fajla, i raspoložive konfiguracijske opcije. INI File Editor je dual-mod editor. Source mod pruža tekst editor sa naglašavanjem sintakse i automatskim završavanjem imena. U Form modu, moguće je uređivati konfiguracije upisivanjem njihovih vrijednosti u formu. Sadržaj INI fajla je podijeljen u sekcije.

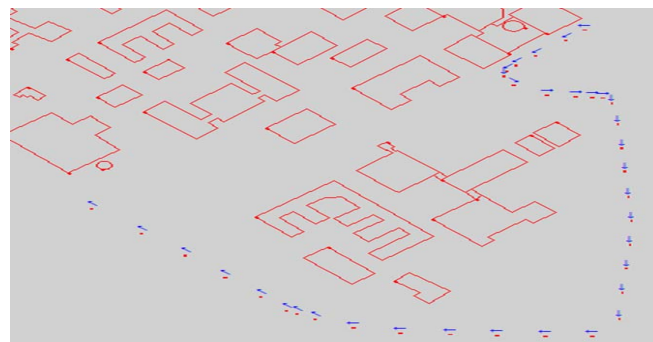
Dimenzije područja simulacije - širina i dužina su postavljene na 2500m dok je visina 50m. manager parametri su parametri TraCIScenarioManager modula. Ovaj modul kreira i pokreće vozila uz pomoć TraCIMobility podmodula. Parametar manager.updateInterval određuje vremenski interval ažuriranja pozicije hosta i podešen je na 0.1 sekundu. manager.host i manager.port određuju ime i port TraCI server hosta. manager.moduleType i manager.moduleName određuju ime i tip modula koji će se koristiti u simulaciji za svako vozilo.

Na Slici 4 su prikazani dodjeljeni parametri connectionManager i TraCIMobility modula. Četiri parametra connectionManager modula pMax, sat, alpha i carrierFrequency se koriste za izračunavanje granice interferentne udaljenosti između čvorova. pMax je maksimalna snaga slanja za ovu mrežu i njena vrijednost je postavljena na 20mW. Sat je prag minimalnog prigušenja signala (engl. signal attenuation threshold) i njegova vrijednost je -89dBm. Alpha parametar je vrijednost koeficijenta minimalnog gubitka puta (engl. path loss). CarrierFrequency se odnosi na minimalnu frekvenciju nosioca kanala i njena vrijednost je 5.89GHz.

Section/Key	Value
*.connectionManager.pMax	20mW
*.connectionManager.sat	-89dBm
*.connectionManager.alpha	2.0
*.connectionManager.carrierFrequency	5.890e9 Hz
*.node[10].mobility.accidentCount	1
*.node[10].mobility.accidentStart	75s
*.node[10].mobility.accidentDuration	30s

Slika 4. Vrijednosti parametara connectionManager i TraCIMobility modula

Parametri TraCIMobility modula određuju broj simuliranih saobraćajnih nesreća (zastoja), vrijeme njihovog početka i trajanje. U simulaciji sigurnosne aplikacije potrebna je jedna saobraćajna nesreća. Vozilo (čvor) br. 10 će učestvovati u ovoj nesreći koja će se dogoditi u 75 sekundi od kretanja sa početne lokacije. Zastoj u saobraćaju će trajati 30 sekundi, tj. vozilo br.10 će stojati nepomično 30 sekundi, a zatim će se ponovo pokrenuti i nastaviti svoju rutu. Nakon što je napravljen konačni scenario i određeni svi parametri može se pokrenuti simulacija. Simulacija se pokreće u Tkenv grafičkom okruženju koji podržava izvršavanje, animaciju, tracing i debugovanje simulacije.



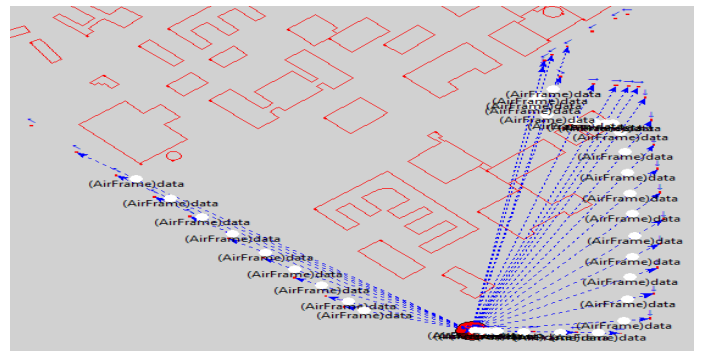
Slika 5. Simulacija scenarija prije zastoja

Nakon pokretanja simulacije, izvršavaju se događaji prema unaprijed određenom scenariju. Ovaj scenario sadrži 194 vozila koja se "izbacuju" na teren simulacije svake 3 sekunde. Vozila se pojavljuju na početku njihove rute. Sva vozila imaju istu rutu i istu brzinu. Slika 5 prikazuje animaciju simulacije u Tkenv-u nakon 105 sekundi, tj. prije nego što se dogodi zastoj. Mali crveni popunjeni pravougaonici predstavljaju vozila, dok plave strelice predstavljaju smjer kretanja vozila. Crveni nepopunjeni mnogouglovi predstavljaju zgrade (objekte).

Tokom čitave simulacije vozila razmjenjuju poruke unutar svoje strukture. Dakle, moduli samom sebi šalju poruke, takozvane *self-messages*. Skoro svi simulacijski modeli trebaju da imaju raspored budućih događaja u svrhu implementiranja tajmera, kašnjenja, itd. i zbog toga se koriste *selfmsg* poruke. Ove poruke su predstavljene sa *cMessage* klasom. Pored modula vozila, *TraCIScenarioManager* modul također upotrebljava poruke sa ovom klasom. Ovaj modul obavještava svakih 0.1 sekundu o broju vozila koji su "izbačeni" u tom trenutku, broju vozila koji su došli do određene destinacije (kraja rute) i broju aktivnih vozila. Pored toga, nudi informacije o aktivnim vozilima koje sadrže njihovu poziciju, smjer i brzinu.

Sa parametara koji su prikazani na Slici 4 se vidi da će vozilo "10" prouzrokovati zastoje nakon 75 sekundi. S obzirom da se od početka simulacije svake 3 sekunde pojavljivalo po jedno vozilo, vozilo "10" će se pojaviti nakon 30.1 sekundi (postoji i vozilo "0" koje se pojavljuje na samom početku simulacije u 0.1 sekundi), što znači da će se zastoje dogoditi u 105.1 sekundi simulacije. Vozilo će u 105.1 sekundi početi usporavati i nekoliko sekundi kasnije stati. Ovo vozilo (čvor) će primiti naredbu od *TraCIMobility*, tj. *cMessage* poruku "scheduledAccident". Nakon što vozilo "10" stane, neko vrijeme će čekati a zatim će pokušati da pošalje obavještenje svim okolnim vozilima.

Sva vozila kojima je namijenjena poruka obavještenja, primaju prvo *AirFrame* paket od kanala. Moduli koji preslušavaju ovu poruku mogu procijeniti šum ili interferenciju na osnovu informacije iz poruke. Na Slici 6 su prikazani prijemi *AirFrame* paketa od strane vozila "11" i vozila "30". Modul fizičkog sloja vrši proračun interferencije na osnovu udaljenosti i prepreka između vozila, i još nekih parametara, te upoređuje sa granicom interferencije. Sa slike se vidi da je vozilo "11" zadovoljilo nejednakost, dok vozilo "30" nije jer se nalazi prepreka između vozila. Dakle, poruka obavještenja će biti dostavljena na vozilo "11" i sva ostala vozila koja su zadovoljila nejednakost. Animacija slanja svih *AirFrame* paketa je prikazana na Slici 6.



Slika 6. Animacija slanja AirFrame paketa

VI. REZULTATI

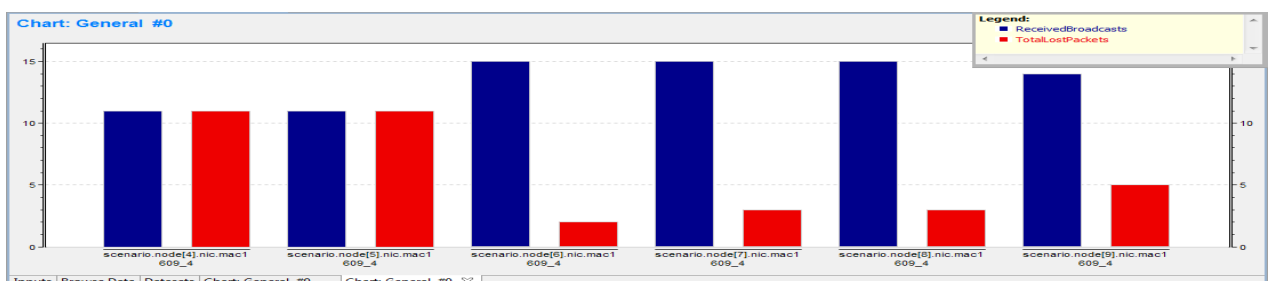
Nakon što se simulacija završi, rezultati simulacije su snimljeni u output vector (.vec) i output scalar (.sca) fajlove. Svaki output vector fajl sadrži nekoliko izlaznih vektora, koji su imenovani serijom oznaka. Izlazni vektori mogu pohraniti informacije o ponašanju simulacije tokom vremena, dok output scalar fajlovi sadrže sumirane statistike kao što su broj poslanih paketa, broj izgubljenih paketa, broj primljenih paketa, itd. Pomoću ova dva fajla rezultati simulacije mogu biti vizualizirani preko Analysis Editora u OMNeT++ IDE. Kada se rezultni fajlovi otvore u OMNeT++ IDE, otvara se i opcija za kreiranje novog fajla za analizu, gdje je potrebno upisati ime analize. Nakon što se upiše ime, pojavljuje se tabela sa statistikama (Slika 7).

Folder	File name	Config na...	#	Run id	Module	Name	Value
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[75].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[71].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	13.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[127].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[71].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[76].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[113].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	18.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[32].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	11.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[30].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	18.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[113].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[30].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	13.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[36].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[39].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	18.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[104].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0
/simul...	General-0.sca	General	0	General-0-201...	scenario.node[110].nic.mac3009_4	ReceivedBroadcasts	0.0

Slika 7. Izgled fajla za analizu rezultata u OMNeT++ IDE

U tabeli koja je prikazana na Slici 7 moguće je izabrati određene statistike i napraviti graf na osnovu njih.

Na Slici 8 je prikazan graf koji prikazuje broj primljenih emitovanja i ukupan broj izgubljenih paketa vozila "4", "5", "6", "7", "8" i "9".



Slika 8. Broj primljenih i izgubljenih paketa od nekoliko vozila u simulaciji

VII. ZAKLJUČAK

Razvoj VANET mreža je prije svega bitan za sigurnost saobraćaja. Osim djelimične automatizacije, osiguravanje pouzdanih podataka vozaču je ključno za postizanje ovog zadatka. Precizan opis vremena ili ranija upozorenja na nadolazeće opasnosti bi bila vrlo korisna za vozače. Stoga se razvijaju sigurnosne aplikacije. Međutim, prvo je potrebno demonstrirati uticaj VANET mreža prije implementacije, te se provode kompjuterske simulacije koje obuhvaćaju komunikacijske modele, mobilne modele automobila i modele VANET aplikacija. U ovom radu je predstavljena simulacija jedne sigurnosne aplikacije da bi se prikazao primjer uticaja VANET mreža na sigurnost saobraćaja, i njena učinkovitost. Ove aplikacije nisu uvijek pouzdane jer postoje mnoge prepreke koje stvaraju probleme ovim aplikacijama. Razmjenjivanje podataka preko VANET mreže često igra važnu ulogu u sigurnosti saobraćaja. Takve informacije moraju biti tačne i istinite, jer životi mogu zavisi od njih. Na taj način, žele se postići veoma strogi sigurnosni zahtjevi. Privatnost vozača isto tako treba biti zaštićena - neovlaštene osobe ne bi trebalo da lako prate vozilo. Zadovoljavanje svih ovih sigurnosnih zahtjeva su dovela do velikih istraživačkih doprinosa, gdje svaki obuhvaća različite aspekte sigurnosti podataka i privatnosti.

LITERATURA

- [1] Claudia Campolo, Antonella Molinaro, Riccardo Scopigno, "Vehicular ad hoc Networks: Standards, Solutions, and Research", Springer International Publishing, 2015.
- [2] <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/ecall-time-saved-lives-saved>, december 2015.
- [3] Hannes Hartenstein, Kenneth P Laberteaux, "VANET: Vehicular Applications and Inter-Networking Technologies" 2010.
- [4] Huaqun Guo, "Automotive Informatics and Communicative Systems: Principles in Vehicular Networks and Data Exchange", Institute for Infocomm Research, A*STAR, Singapore, 2009.
- [5] "VANETS Security Requirements Final Version" "http://www.sevecom.org/Deliverables/Sevecom_Deliverable_D1.1_v2.0.pdf"

- [6] Suguo Du, Haojin Zhu, "Security Assessment in Vehicular Networks", Springer-Verlag New York, 2013.
- [7] Kamran Zaidi and Muttukrishnan Rajarajan, "Vehicular Internet: Security & Privacy Challenges and Opportunities," Future Internet, vol. 7 (3), pp. 257, 2015.
- [8] Gurmandeep Singh Brar, Satbir Singh and Dheerajpal Singh Brar, "An Analysis of Various Approaches for Transmission of Safety Message over the VANET Scenario," Inpressco International Journal of Current Engineering and Technology, vol. 5 (3), pp. 1703-1707, June 2015.
- [9] <http://veins.car2x.org/>, september 2015.
- [10] http://sumo.dlr.de/wiki/Main_Page, september 2015.
- [11] H. Noori and M. Valkama, "Impact of VANET-based V2X communication using IEEE 802.11p on reducing vehicles traveling time in realistic large scale urban area," Proceedings of 2nd International Conference on Connected Vehicles & Expo (ICCVE 2013), December 2013, pp. 654-661
- [12] <http://www.omnetpp.org/>, september, 2015.

ABSTRACT

Summary-Data exchange via VANET (Vehicular Ad Hoc Networks) network plays an important role in safety of traffic. This information must be precise and on time because many people can depend on them. Thus it is necessary to demonstrate the influence of VANET before its implementation. In order to do that, certain computer simulations including communication models, mobile car models and models of VANET applications have been conducted. In this paper, a simulation of a safety application has been presented in order to show the influence of VANET networks on of traffic safety, efficiency of the application. The paper provides current status of applications via VANET network. For this purpose, different kinds of communicational models from safety point of view have been identified and analysed in this work.

SAFETY REQUIREMENTS AND EXAMPLE APPLICATIONS IN THE NETWORK OF VEHICLES

Izet Jagodic, Suad Kasapovic, Lejla Banjanovic-Mehmedovic