

Sistem Informațional de Simulare Animată a Protocolului Wireless AODV

Emilian GUȚULEAC, Dan MEDINSCI
Universitatea Tehnică a Moldovei
nsecrieru@gmail.com, egutuleac@mail.utm.md

Abstract — În lucrare sunt prezentate aspecte de elaborare și realizare a unui sistem informațional de simulare animată a protocolul wireless Ad-hoc On demand Distance Vector (AODV) a rețelelor Ad-hoc.

Index Terms — protocol, sistem informațional, simulare animată, rețele Ad-hoc.

I. INTRODUCERE

Protocoalele de rutare în rețelele Ad-hoc sunt un domeniu de cercetare actuală cu o problematică actuală [2, 6]. Au existat o mulțime de protocoale propuse pentru acest tip de rețele de către diverse comunități științifice, dar până când nici o soluție nu a fost adoptată drept standard. Simularea unui proces de comunicare wireless este un fenomen complex ce implică o multitudine de factori. Mediul de transmisie, viteza de mișcare și accelerare a nodurilor, consumul de energie, prezența fluctuațiilor electromagnetice - sunt factori ce trebuie luați în considerare la elaborarea acestor tip de rețele.

În ultimii ani s-au realizat destul de multe studii în domeniul rețelelor wireless ad-hoc [1, 3, 4, 6]. O rețea ad-hoc se formează în mod dinamic prin cooperarea unui număr arbitrar de noduri independente. Fiecare nod ia decizii în mod independent în funcție de starea rețelei, fără existența unei infrastructuri prestabilite. Datorită lipsei unei infrastructuri fixe în rețelele ad hoc calculele realizate în rețea trebuie efectuate într-o manieră descentralizată. Nodurile wireless au, de cele mai multe ori, resurse limitate de energie și memorie. O transmisiune realizată de un astfel de dispozitiv poate fi recepționată de mai multe noduri situate în vecinătatea sa, ceea ce cauzează o interferență a semnalului. Spre deosebire de dispozitivele tradiționale, statice de comunicație dispozitivele wireless se pot afla în mișcare în timpul comunicației. Deci, este o adevărată provocare în dezvoltarea de topologii de rețele wireless ad-hoc ce propun scheme de rutare eficiente în economisirea energiei consumate și a memoriei folosite. Rețelele ad hoc pot fi modelate printr-o mulțime de puncte din spațiul euclidian bidimensional (sau tridimensional), unde fiecare punct reprezintă un nod al rețelei. Caracteristicile de comunicare ale rețelei sunt guvernate de probleme privind propagarea prin unde radio (adică sunt legate de mediul în care se realizează transmisia) și de puterea individuală a fiecărui nod de a transmite date.

Crearea unui sistem informațional de simulare este o etapă vitală în testarea performanțelor protocolului, dar are și o utilitate în dezvoltarea unor noi protocoale complexe. Elaborarea unor noi protocoale va decurge mult mai rapid deoarece se va obține un feedback imediat privitor la elementele funcționale noi introduse.

În continuare, succint sunt prezentate unele aspecte de elaborare și realizare a unui sistem informațional de simulare animată a protocolul wireless Ad-hoc On demand

Distance Vector (AODV) a rețelelor Ad-hoc [9]. Acest sistemul informațional este o aplicație desktop în care utilizatorul va putea opera cu viteză, amplasarea și numărul nodurilor wireless. Aplicația poate susține diverse modele de mișcare, a căror modele logice și grafice va permite simularea animată a protocolului wireless și obținerea în timp real a principalilor indici de performanță.

II. PROTOCOLUL WIRELESS AODV

Datorită absenței unei infrastructuri centrale, rețelele ad-hoc nu au asociate topologii fixe. O sarcină importantă în rețelele ad-hoc, constă în determinarea unei topologii asupra căreia se pot implementa protocoale de rutare de nivel înalt. În acest sens apare noțiunea de control al topologiei, adică arta de a determina puterea de transmisie a fiecărui nod astfel încât să fie păstrată conectivitatea rețelei dar în condițiile unui consum minim de energie. În locul unei rețele în care nodurile transmit folosind puterea maximă se încearcă găsirea unei topologii în care nodurile colaborează pentru a determina nivelul optim al puterii de transmisie. Topologia depinde atât de factori necontrolabili cum ar fi mobilitatea nodului, condițiile atmosferice, interferența, zgomotul, cât și de factori controlabili, cum ar fi puterea de transmisie sau direcția antenei. În ceea ce urmează presupunem că fiecare nod wireless are o antenă omnidirecțională și că o transmisiune a unui nod poate fi recepționată de orice nod din vecinătatea acestuia (pe care o presupunem a fi un disc centrat în nodul care transmite informație). Fiecare nod u are o arie de acoperire. Nodul v poate primi informații de la nodul u dacă nodul v se află în aria de acoperire a nodului care transmite (u). În caz contrar, ele comunică prin legături wireless multihop folosind noduri intermediare pentru a retransmite mesajul. În consecință, fiecare nod joacă și rolul de router, trimițând mai departe pachetele de date.

Următoarele aspecte sunt esențiale pentru construirea algoritmului de control eficient al topologiei:

- Trebuie păstrată conectivitatea rețelei folosind puterea minimă posibilă. Acesta este cel mai important obiectiv al algoritmilor de control al topologiei.
- Algoritmul trebuie să fie distribuit. Aceasta se datorează faptului că nu există o autoritate care să guverneze o rețea multi-hop, deci fiecare nod trebuie să ia decizii bazate pe informația colectată din rețea.
- Algoritmul trebuie să depindă doar de informația colectată local (adică informația colectată în cadrul unui singur hop). Acest fel de algoritmi au avantajul că

în procesul de colectare a informației apar mult mai puține întârzieri.

- Este de dorit ca legăturile să fie bidirecționale. Acest lucru este important pentru transmisia și retransmisia de pachete de-a lungul mediului wireless instabil și pentru mecanismele de acces la mediu.
- Este de preferat ca gradele nodurilor din topologie să fie cât mai mici, deoarece prin această modalitate se realizează o reducere a interferenței.

Protocoloalele ad-hoc de rutare sunt o convenție, sau un standard, care determină modul în care nodurile decid în ce mod să fie transmise pachetele în traseul rețelei ad-hoc.

Protocolul *Ad-hoc On demand Distance Vector (AODV)* posedă este un protocol integru ce are capacitatea de rutare în mod automat și se bazează pe câteva caracteristici de baza cum ar fi: modul dinamic ne existând careva condiții prestabilite; prezența auto-inițierii; rutarea prin retransmitere de către nodurile auxiliare. Acest protocol permite obținerea rapidă a rutelor către noile noduri, el nu condiționează păstrarea inutilă a rutelor către nodurile ce au părăsit rețeaua.

Un mare avantaj îl constituie păstrarea rutelor optime, a celor care posedă un număr minim de intermediari, și aceasta nu se realizează prin intermediu unui algoritm ce necesită calcule adiționale de tipul algoritmului Bellman, sau Ford, dar prin intermediul arhitecturii protocolului ce oferă o convergență rapidă către calea optimă. Când un nod depistează o eroare de conexiune cu un alt nod, are loc înștiințarea imediată a acestora astfel are loc invalidarea instantanee a rutelor către nodul afectat eliminând posibilitatea de transmitere a cadrelor informaționale.

Protocolul AODV utilizează în principal 3 tipuri de cadre și anume: cerere rută - *Route Requests (RREQs)*, replică rută - *Route Replies (RREPs)*, și eroare rută - *Route Errors (RERRs)*.

Cadrelor protocolului sunt primite prin intermediul UDP, în acest mod se aplică prelucrarea de antetului IP. Astfel este firesc ca nodul solicitant să își folosească adresa IP drept adresă a nodului ce inițiază mesajele. Cadru RREQ este un cadru ce utilizează fenomenul de propagare prin intermediul tuturor nodurilor posibile pentru identificarea nodului destinat, pentru o diseminare controlată (nu în toată rețeaua) se utilizează valoarea TTL (time to live) din cadrul antetului ip. Atât timp cât nodurile rețelei au rute valide protocolul AODV nu joacă nici un rol și nu intervine în controlul rutelor, dar când apare necesitatea transmiterii unui mesaj către o rută necunoscută atunci are loc emiterea cadrului RREQ pentru identificarea rutei dorite. Procesul de identificarea a rutei se sfârșește atunci când cadru ajunge la nodul destinat, sau la un nod intermediar ce posedă o rută validă către nodul destinat. O rută validă semnifică o rută ce are numărul de secvență cel puțin la fel de mare ca cea conținută în cadrul RREQ. Ruta identificată se recunoaște după ce nodul sursă sau cel intermediar (ce posedă o rută către nodul destinat) transmite un cadru RREP către sursă ce a inițiat cererea.

Nodurile monitorizează conexiunile cu nodurile următoare din tabela de rute, când are detectarea unei rupturi un cadru RERR este utilizat pentru notificarea altor noduri de breșă produsă. Cadru RERR indică acele adrese care nu pot fi accesate de ruptura produsă, acest mecanism necesită ca fiecare nod să păstreze o listă de noduri care poate să-l utilizeze ca nod următor în cadrul propriilor rute, această

listă se numește „precursor list”. Informația din lista precursor este achiziționată cel mai ușor în timpul generării cadrelor RREP, care conform definiții analizate ulterior în capitolul *** este necesar să fie transmisă în lista precursor a nodului.

AODV este un protocol de rutare și are de-a face cu gestiunea tabelor de rutare, înregistrările sunt păstrate și pentru o perioadă scurtă de timp. Fiecare intrare a tabelului conține următoarele câmpuri: Adresa IP destinatară; Numărul de secvență a nodului destinat; Fanion de validare a numărului de secvență; Fanioanele ce indică starea rutei [*valid, invalid, repairable, being repaired*]; Interfața de rețea; Numărul de salturi; Următoarea adresă; Lista de precursori; Timpul de viață.

III. SISTEMUL DE SIMULARE ANIMATĂ A PROTOCOLULUI WIRELESS AODV

Un nod diseminează un cadru RREQ când determină că are nevoie de o cale spre un nod și nu o posedă în tabela proprie, sau aceasta este marcată ca invalidă sau este expirată. Cadru se inițializează conform diagramei pentru cadru informațional. Numarul de secvență a nodului destinat este copiat din tabela de rutare a nodului în câmpul cadrului RREQ. În cazul când tabela de rutare nu conține nici o informație despre nodul destinat atunci fanionul U (unknown) este setat în cadrul RREQ. Numărul de secvență a nodului originar reprezintă însuși numărul de secvență a nodului ce îl generează înainte de a fi copiat în câmpul cadrului el este incrementat. Id-ul RREQ deasemenea este incrementat, fiecare nod posedă doar un singur id de acest tip.

Înainte de transmisia cadrului RREQ, nodului originar inserează în buferul său propriu Id-ul RREQ și a nodului originar (adică adresa sa proprie), acest mod de abordare asigură faptul că atunci când nodul va primi același RREQ din partea unui nod vecin el nu-l va procesa și nu-l va retransmite.

Un nod originar în majoritatea cazurilor dorește un mod de comunicare bidirecțional cu un nod destinat. În asemenea cazuri nu e suficient ca nodul inițiator să posedă o rută către cel destinat și viceversa. Pentru ca acesta să se realizeze într-un mod cât mai eficient este necesar ca orice generare a pachetului RREP de către un nod intermediar să fie însoțită de anumite acțiuni (e vor fi descrise ulterior) ce ar informa nodul destinat despre necesitatea unei rute inverse. În cazul când nodul originar inițiază o comunicare bidirecțională el setează fanionul G al cadrului RREQ. După emisie, nodul așteaptă răspunsul unui cadru RREP (sau alt mesaj de control cu informații curente cu privire la o rută corespunzătoare destinație). Dacă un traseu nu este descoperit în *NET_TRAVERSAL_TIME* milisecunde, la nodul poate să încerce din nou, pentru a descoperi traseul, emițând un alt cadru RREQ, până la un maxim de *RREQ_RETRIES*. Fiecare nouă încercare de emisie trebuie să actualizeze id-ul RREQ. Pentru fiecare nouă încercare, domeniului TTL din antetul cadrului este stabilit în funcție de mecanismul specificat în paragraful următor, în scopul de a permite controlul propagării RREQ pentru fiecare nouă încercare. Timpul de așteptare deasemenea diferă prima dată când nodul sursă emite un cadru RREQ, acesta așteaptă *NET_TRAVERSAL_TIME* milisecunde pentru

primirea unui RREP. În cazul în care un RREP nu este primit în acest timp, nodul sursă trimite un cadru RREQ nou. Pachetele de date în aşteptare pentru un traseu (de exemplu, în aşteptarea unui RREP după ce un RREQ a fost trimis) sunt buferizate într-un fir de aşteptare de tipul "primul-intrat, primul ieşit" (FIFO). Dacă identificarea unui traseu nu s-a produs de RREQ_RETRIES ori la un TTL maxim fără a primi nici un RREP, toate pachetele de date destinate pentru a fi transmise sunt eliminate din bufer şi un mesaj de inaccesibilitate este livrat nodului iniţiator.

În Fig 1 este prezentată diagrama UML de secvenţă a cadrelor RREQ ce a fost realizată la elaborarea sistemului

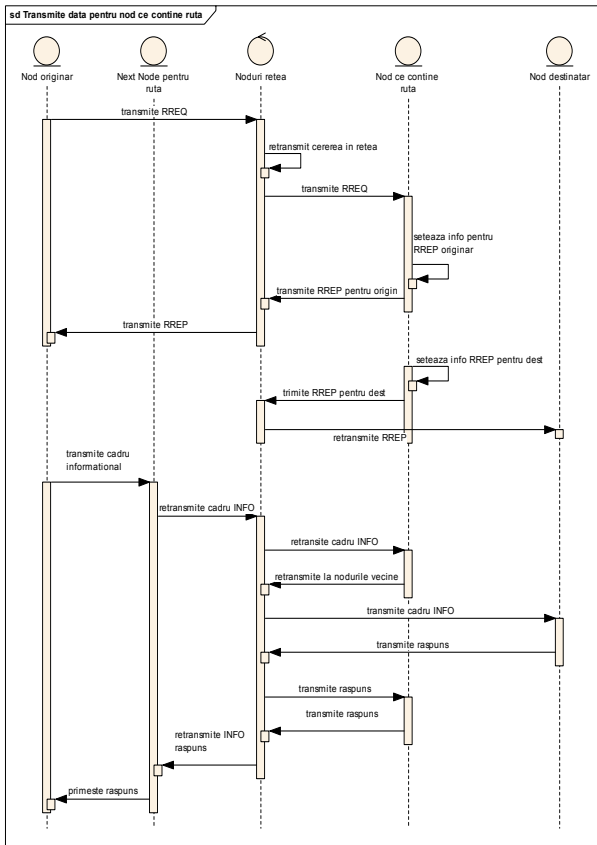


Fig 1. Diagrama de secvenţă a cadrelor RREQ.

În Fig. 2 şi Fig. 3 sunt prezentate diagramele UML respective de transmitere RREP de către nodul destinar şi cel intermediar.

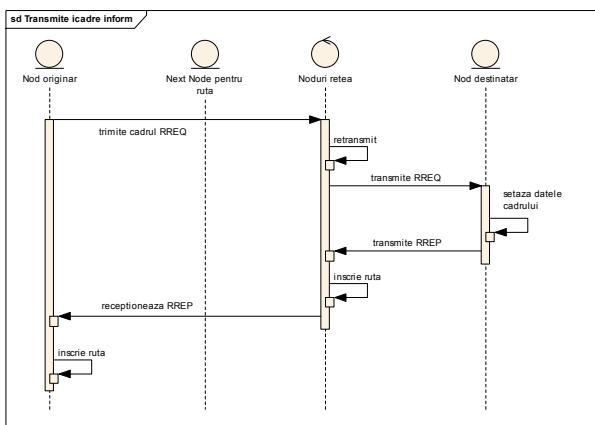


Fig 2. Transmitere RREP de către nodul destinar.

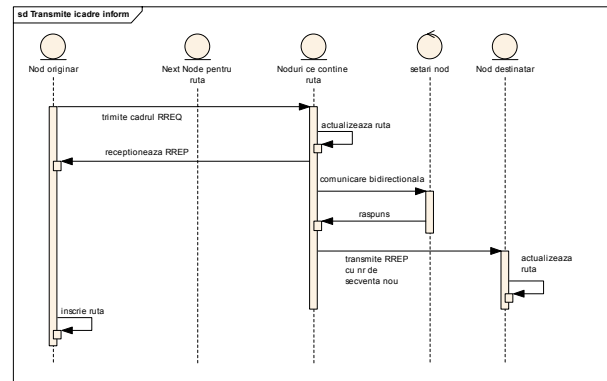


Fig 3. Transmitere RREP de către nodul intermediar.

Aplicaţia poate fi modificată pentru a diferenţia utilizatorii ce setează parametrii unui protocol anume şi cei ce evaluează performanţele protocolului în diverse medii de simulare.

În Fig. 4 este prezentată interfaţa grafică utilizator(GUI) a sistemului informaţional de simulare animată a protocolului AODV.

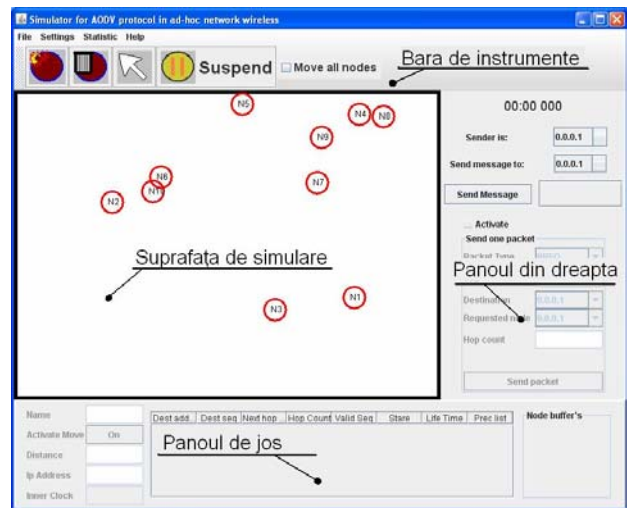


Fig.4. GUI a sistemului informaţional de simulare animată a protocolului AODV.

Mediul de simulare a protocolului posedă următoarele facilităţi: inserarea unui nod wireless nou; ştergerea nodurilor; modificarea amplasării nodurilor; setarea modelului de mişcare; editarea suprafeţelor de mişcare; configurarea parametrilor temporali; setarea parametrilor protocolului, ce ţin de comportamentul intern; configurarea parametrilor vizuali; transmiterea mesajelor; transmiterea cadrelor cu valori ce nu iau în considerare starea protocolului în prezent.

Fereastra principală a aplicaţiei GUI este compusă din următoarele componente: suprafaţa de simulare; bara de instrumente sus; panoul din dreapta; panou de jos.

Pe suprafaţa de simulare a GUI sunt vizualizate grafic nodurile wireless a modelului de mişcare (Fig. 5). Fiecare nod wireless suportă operaţiile *drag* and *drop* asupra mouse-ului, utilizatorul poate amplasa nodul sau reamplasa poziţia nodului conform modelului de mişcare. Schimbările poziţiei se declanşează automat şi asupra modelului logic al nodului astfel operaţia de *drag* and *drop* este una completă cu un impact direct asupra mediului de simulare. Pe suprafaţă sunt situate exclusiv doar componentele grafice

ale nodului, modelul de mişcare nu este o componentă propriu zisă, deoarece se utilizează doar pânza panoului suprafeţei pentru desenarea modelului grafic. Acesta menţionează s-a realizat pentru a explica faptul că modelul de mişcare nu are nici o atribuţie comportamentală pe suprafaţa de lucru, fiind imun la orice eveniment din partea utilizatorului (click, drag etc.). Editarea modelelor de mişcare va fi explicată ulterior.

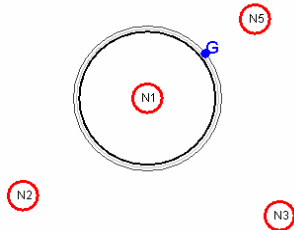


Fig. 5. Diseminarea cadrelor.

Arhitectura nodului wireless este prezentată în Fig. 6.

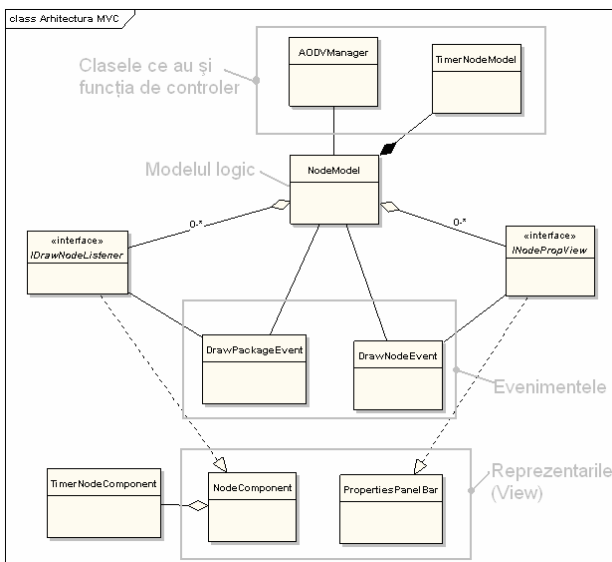


Fig. 6. Arhitectura nodului wireless.

Un alt rol al suprafeţei de simulare este desfăşurarea proceselor de animaţie. Transmiterea pachetelor de orice nod wireless poate fi vizualizată. Aceasta este descrisă de prezenţa a 3 cercuri concentrice a caror rază se măreşte spre exterior până la raza maximă de acţiune. Pe raza cercului din mijloc este situat sau sunt situate cadrele ce trebuie transmise în cazul când are loc o diseminare. Dacă cadrul transmis este de tip "DATA" atunci are loc şi afişarea conţinutului literii acestui cadru.

Bara de instrumente de sus este compusă dintr-un set de butoane ce efectuează operaţii cu nodurile wireless (Fig. 7).

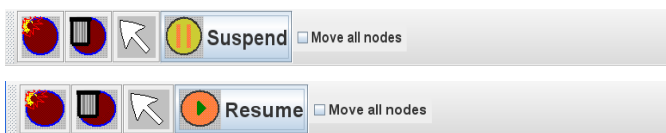


Fig. 7. Bara de instrumente.

Ea conţine butoanele de inserare a unui nou nod, de ştergere a nodurilor şi săgeata ce permite efectuarea operaţiilor de reamplasare a nodurilor. De exemplu, dacă este activat butonul de creare a nodurilor wireless, atunci orice click pe suprafaţa de simulare se va solda cu apariţia

unui nou nod. Butonul săgeată este activat implicit, ceea ce permite mutarea nodurilor. În afară de butoanele ce operează asupra nodurilor mai există butonul *Stop/Resume* ce suspendează activitatea de simulare. Suspendarea are loc în totalitate pentru fiecare nod şi pentru fiecare fir de execuţie ce-i aparţine.

Ultima caseta este un checkbox ce face posibilă activarea tuturor firelor de execuţie responsabile cu mişcarea nodului. Setarea sau nesetarea checkboxului are loc determinarea mişcării sau oprirea tuturor nodurilor.

Panoul din dreapta sunt reprezentate 2 panouri în care sunt expuse două modalităţi de transmitere a cadrelor. Pe primul panou are loc selectarea sursei şi cea a destinaţiei, ele se selectează prin intermediul combobox-urilor în care se conţin valorile adreselor tuturor nodurilor prezente (Fig. 8). Conţinutul combobox-urilor se actualizează la acţiunea de creare sau distrugerea a nodurilor.

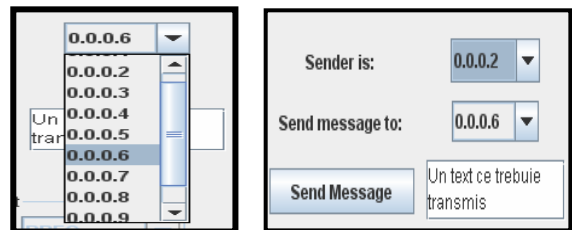


Fig.8. Panoul transmiterii cadrelor.

Al doilea panou poate fi activat pentru a transmite cadre libere ce nu sunt soldul funcţionalităţii protocolului (Fig. 9).

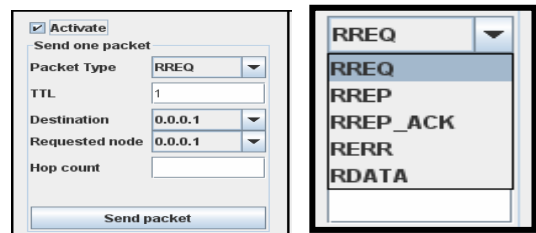


Fig. 9. Panoul transmiterii cadrelor libere.

Activând al doilea panou, este posibil de a genera cadre a căror parametrii să fie setaţi conform discreţiei utilizatorului. În acest mod are loc accesul direct la comportamentul nodurilor unde poate fi setat şi parametrul TTL. De exemplu, dorim să testăm cum va reacţiona reţeaua de noduri dacă un nod va transmite un RREQ cu un TTL egal cu un număr maxim pe n biţi, atunci activăm panoul selectăm tipul RREQ şi apoi setăm toţi parametrii necesari şi transmitem mesajul.

Panoul de jos este destinat vizualizării proprietăţilor nodurilor şi setarea anumitor attribute. Panoul este compus din 3 faţete, prima faţetă conţine o grilă în care sunt încadrate toate inscripţiile parametrilor cu ariile pentru text respective (Fig. 10a). A doua faţetă (Fig. 10c) reprezintă tabelul rutelor deţinute de către nod. În tabel sunt dispuse principalele categorii de date necesare (Adresa destinatară, Nr. de secvenţă destinatar, adresa nodului următor, numărul de salturi, starea în care se află ruta, tipul de viaţă a rutei, lista nodurilor precursoare).

Panoul din Fig. 10b afişează informaţia actuală referitor la un singur nod, nodul este determinat de clickul mouseului pe nodurile ce se află pe suprafaţa de simulare. Dacă are loc click-ul pe suprafaţa de simulare unde nu există nici

un nod, atunci are loc dezactivarea tuturor faţetelor din cadrul panoului.

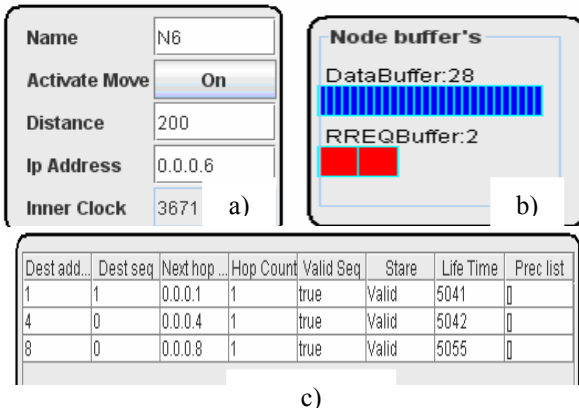


Fig. 10. Panoul setării atributelor nodurilor.

În cadrul aplicației avem 2 tipuri de meniuri: bara de meniuri și pop-up-meniul (Fig. 11). Meniurile au un comportament similar butoabelor sau altor componente GUI. Bara de meniuri este compusă din următoarele categorii: File; Statistic; Settings; Help.

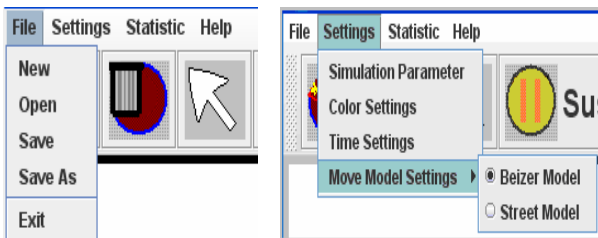


Fig. 11. Bara de meniuri.

În opțiunile meniului File este compusă dintr-un set de butoane ce operează asupra datelor de citire sau scriere a fișierelor externe. Extensia fișierelor este aodv.xml și conțin butoanele tipice pentru operarea cu fișierele (New, Open, Save, Save As). Există și opțiunea exit care părăsește programul de simulare.

Meniul setări este destinat configurării următoarelor aspecte: Setări ale ambianței; Setări ale protocolului AODV; Setări ale modelului de mișcare. Toate aceste aspecte sunt configurate prin următoarele 4 submeniuri: Simulation Parameter; Parametri de culoare; Parametri de timp; Setările modelului de mișcare.

Toate setările simulării protocolului AODV sunt divizate în 3 categorii (Fig. 12): Parametri TTL (time to live). Fiecare pachet posedă un câmp TTL. Acest câmp se decrementează de fiecare dată când pachetul este retransmis. Dacă valoarea TTL este 0 atunci pachetul se distruge; Parametri de timp; Parametri generali de configurare.

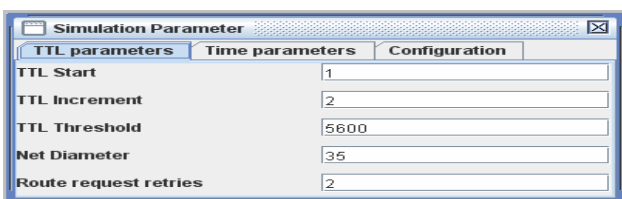


Fig. 12. Setările simulării protocolului AODV.

Setările de timp (Fig. 13) vizează 2 parametri, ceasul interior al nodului wireless, care este măsurat în (ms).

Ceasul nodului are un impact și asupra transmiterii mesajelor valoarea sa fiind o scară de timp pentru simulare.

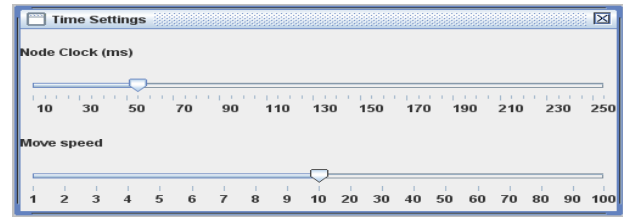


Fig. 13. Ceasul interior al nodului wireless.

Viteza de mișcare este un parametru autonom și nu afectează în mod direct celelalte procese.

Crearea modelului de mișcare pe străzi. Rețeaua de străzi rectilinii este reprezentată de grafurile $G = (V; E)$, unde toate arcele sunt bidirecționale. Acest tip de reprezentare este asigurat de către prima formă analitică încadrată în *Map-ul mapBean*. Astfel *mapBean* conține drept punctele din rețeaua de străzi (nodurile grafului) și drept obiect al cheii este o listă cu străzile în care se conține punctul dat (adică arcele și nodurile). În cadrul acestui graf nu se admit bucle.

Metoda implementată, *initPoint*, a modelului de mișcare utilizează o constrângere pentru plasarea nodului conform locației specificate. Dacă nodul wireless nu aparține unei străzi, are loc determinarea proiecției punctului pe străzi sau punctul cel mai apropiat dintre nod și cel mai apropiat punct. Mișcarea punctului se efectuează pe o stradă selectată. La început dacă punctul inițial nu aparține unui capăt, are loc setarea direcției în mod aleatoriu. Metoda *moveToNextPointAtLength* mișcă nodul către cealaltă extremitate a străzii. Dacă distanța ce trebuie parcursă este mai mică decât distanța până la sfârșitul punctului are loc selectarea următoarei străzi din intersecție cu ajutorul metodei *moveToNextIntersect*. Selectarea următoarei străzi are loc în mod aleatoriu. Probabilitatea alegerii uneia sau altei străzi este dependentă de doi factori: lățimea străzii și dacă nodul provine din aceeași stradă și urmează doar să fie inversat punctul străzii, cu alte cuvinte are loc doar inversarea direcției sau rotația ei cu 180 grade a nodului. Lățimea străzii reprezintă ponderea pentru o selecție proporțională cu valoarea sa, astfel dacă lățimea unei străzi este de 6 și cea de-a doua are lățimea 3 atunci prima are șansa de 2 ori mai mare ca să fie selectată. Pentru cel de-al doilea factor există un parametru *K* ce reprezintă raportul probabilității ca un nod să efectueze întoarcerea înapoi față de a continua mișcarea pe o stradă a cărei lățime este egală cu cea din care nodul provine. Aceste funcții de probabilitate s-au introdus pentru a simula cât mai real comportamentul pietonilor și automobilelor deoarece este firesc ca pe o autostradă largă de 8 benzi să circuleze mai multe automobile decât pe o stradă și este destul de rar când se va schimbă cursul de mișcare la 180 de grade.

Sistemul de simulare wireless include o aplicație exterioară de editare ce va fi utilizată de noduri pentru propagare (Fig. 14). În descrierea meniului aplicației este menționat cum are loc lansarea acestui editor de străzi. Aici ne vom referi doar la modul de utilizare al acestuia. Aplicația include un set de fișiere mostre ce pot fi editate, analizate de către utilizator. În bara de lucru există un set

de butoane și alte componente ce permit editarea și crearea rețelei de străzi.



Fig. 13. Meniul de crearea a modelului pe străzi.

Cele trei butoane de creare, ștergere și săgeată sunt folosite în regim de activare. Astfel, dacă butonul de creare a străzilor este activat, atunci la fiecare click și eliberare a mouse-ului are loc crearea unei noi străzi atât timp, cât nu este apăsat un alt buton. La crearea unei noi străzi este activat regimul de salt către capetele străzilor sau către un punct apropiat ce aparține unei străzi.

Aplicația suportă posibilitatea ca nodurile să genereze cereri în mod aleator și de a transmite mesaje unor noduri în cadrul rețelei. Odată setat acest regim de funcționare la fiecare iterație a ceasului, există posibilitatea ca nodul să inițieze independent transmiterea de mesaje către un nod sau mai multe noduri, mesajele la rândul lor pot să conțină o lungime variabilă de caractere. În cadrul aplicației s-a optat pentru folosirea distribuției Poisson prin intermediul clasei *PoissonGeneration*. Această distribuție este cea mai des utilizată în sistemele de așteptare.

Clasa *PoissonGeneration* implementează interfața *IMessageGeneration*. Utilizatorul nu este limitat în alegerea funcțiilor de distribuții având posibilitatea de a elabora alte clase ce implementează această interfață.

La fiecare ciclu de ceas a nodului are loc apelarea funcției de generare a mesajului care returnează o listă de mesaje ce trebuie transmise, dacă rata este mică de obicei lista returnată este vidă.

Java.util. *ResourceBundle* este una din clasele ce oferă acces către resursele lingvistice. Pentru aplicația elaborată sunt utilizate fișiere *Properties* ce conține perechile *nume = valoare*. Pentru ca aplicația să fie disponibilă într-o limbă diferită este necesar de a crea un nou fișier *Properties* și de a schimba valoarea numelor corespunzătoare conform limbii implementate. Fiecare fișier are sufixul compus din 2 litere ce stabilește inițialele limbii specificate. Clasa *ResourceBundle* determină limba selectată conform *Locale*-ului. Este posibil ca "*Locale*-ul" să fie configurat și în cadrul execuției programului. Pentru aplicația de simulare la startarea programului apare un panou în care utilizatorul își alege limba dorită. Aplicația poate fi lansată în 2 limbi: română și engleză dar pot fi adăugate și alte limbi, cum s-a menționat mai sus. Utilizatorul la începutul lansării programului selectează dintr-un *combo-box* limba dorită. Obiectele conținute de către *bean* sunt simple ele conținând un "*wrapper*" a *locale*-ului și numele limbii.

Sistemul informațional de simulare animată a protocolului wireless AODV este o aplicație desktop și dispune de o interfață grafică User-friendly. Acest sistem a fost elaborat pe platforma Eclipse Modeling Framework

Project, ceea ce permite realizarea într-un timp relativ scurt a aplicațiilor complexe.

IV. CONCLUZIE

În lucrare sunt prezentate unele aspecte de elaborare și utilizare a unui sistem informațional de simulare animată a protocolului wireless AODV. Acest sistem posedă o interfață grafică plăcută, unde utilizatorul poate vizualiza în regim real procesul de comunicare a entităților rețelei ad-hoc. Aplicația este una scalabilă din punct de vedere a nodurilor wireless ce participă în mediul de simulare, deoarece mașina virtuală Java suportă fire de execuție de ordinul miilor și are un consum redus de memorie.

BIBLIOGRAFIE

- [1] M. Calzarossa, R. Marie, "Tools for Performance Evaluation," *Perf. Evaluation*, no. 33, pp.1-3, 1998.
- [2] I. Chlamtac, M. Conti and J. J.-N. Liu. Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges. *Ad Hoc Networks*, Vol.(1), pages 13–64, 2003.
- [3] D. Cavin, Y. Sasson, and A. Schiper. On the accuracy of manet simulators. In *Proceedings of the second ACM international workshop on Principles of mobile computing*, pages 38–43. ACM Press, 2002.
- [4] C. Ciufudean, A. B. Larionescu, "Estimation of the Performances of The Discrete Events Systems," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, No. 2, pp. 30-34, 2003.
- [5] L. Corts, P. Eles, Z Peng, "Modeling and Formal Verification of Embedded Systems Based on a Petri Net Representation," *Journal of Systems Architecture*, 49(12-15), pp. 571-598, 2003.
- [6] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies. A survey of mobility models for ad hoc network research. *Wireless Comm. and Mobile Computing (WCMC)*, 2(5):483–502, 2002.
- [7] A.Fehnker and P. Gao. Formal verification and simulation for performance analysis of probabilistic broadcast protocols. In *5th International Conference, ADHOCNOW*, volume 4104 of LNCS, pages 128–141. Springer, 2006.
- [8] JIST/ SWANS (Java in Simulation Time / Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator) simulation environment. Available at <http://jist.ece.cornell.edu/>.
- [9] C. Lin. Documentation: AODV Routing Implementation for Scalable Wireless Ad-Hoc Network Simulation (SWANS). JIST/SWANS web site. <http://jist.ece.cornell.edu/>.
- [10] D.S.Tan, S. Zhou, J. Ho, J.S. Mehta, H. Tanabe. Design and Evaluation of an Individually Simulated Mobility Model in Wireless Ad Hoc Networks. *Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference*, San Antonio, pp. 124-134, 2002.