

MODIFIKACIJA GPSR PROTOKOLA ZA GEORUTIRANJE U TRODIMENZIONALNOM PROSTORU PRIMENOM SOFVERSKEG ALATA NETLOGO**MODIFICATION OF GPSR PROTOCOL FOR GEOROUTING IN THREE-DIMENSIONAL SPACE USING NETLOGO SOFTWARE TOOL**

Boris Prpoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOINFORMATIKA

Kratak sadržaj – U radu je opisana modifikacija GPSR protokola za georutiranje. U svom polaznom obliku GPSR protokol je osmišljen da funkcioniše u dvodimenzionalnom prostoru. Izmjene prikazane u radu omogućile su da protokol bude primjenjiv i u trodimenzionalnom prostoru. Riješenje je implementirano u okviru softverskog alata NetLogo. Date su opšte napomene o geosenzorskim mrežama, protokolima i georutiranju.

Ključne reči: GPSR, geosenzorska mreža, georutiranje, NetLogo, senzorski čvorovi

Abstract – The paper describes the modification of the GPSR protocol for georouting. In its initial form GPSR protocol is designed to function in two-dimensional space. The modifications shown in this paper made it possible for GPSR to be applicable in three-dimensional space as well. Solution is implemented within NetLogo software tool. General notes on geosensor networks, protocols and georouting are given.

Keywords: GPSR, geosensor network, georouting, NetLogo, sensor nodes

1. UVOD

Konstantan napredak i razvoj tehnologije doprinio je sve većoj upotrebi senzorskih mreža. Senzorska mreža predstavlja distribuirani sistem koga čini grupa senzorskih čvorova različitog tipa međusobno povezanih komunikacionom mrežom. Senzorski čvorovi su implementirani kako bi prikupljali informacije sa terena i vršili proračune. Podaci sa senzora su dijeljivi, a dovode se na ulaz distribuiranog sistema radi njihove procjene. Zadatak distribuiranog sistema je da na osnovu dostupnih podataka sa senzorskih čvorova izdvoji ekstremnu vrijednost o fenomenu koji se nadgleda. Senzorski čvor se sastoji od: jednog ili više senzora, komunikacione komponente, procesora, sistema za napajanje, modula za generisanje energije (opciono), modula za lokalizaciju (opciono) i modula za kretanje (opciono). Poseban tip senzorske mreže koji se izučava u ovom radu jeste geosenzorska mreža. Geosenzorska mreža se razlikuje od senzorske mreže po tome što senzorski čvorovi unutar nje posjeduju informacije o svom položaju. To je moguće

ostvariti putem globalnog navigacionog satelitskog sistema ili putem radio frekvencije [1].

2. RUTIRANJE

Jedan od glavnih zadataka koje senzorska mreža treba da ispuni jeste efikasno rutiranje podataka od senzorskih čvorova do baze. Baza (bazna stanica, „sink“, „destination node“) je glavni senzorski čvor koji prikuplja podatke. Rutiranje je proces odabira adekvatne putanje kojom će se kretati podaci od izvora do baze, pri čemu izvor predstavlja senzorski čvor koji je izvršio akviziciju informacije od interesa [2]. Primjera radi, izvor može predstavljati senzorski čvor koji je očitao ekstremno povećanje temperature i mogućnost izbijanja požara, dok bazu predstavlja glavni senzorski čvor koji treba da obradi takvu informaciju i adekvatno odreaguje. U slučaju požara adekvatna reakcija bila bi paljenje alarma, paljenje protivpožarnih uređaja i slično. Prilikom rutiranja nailazi se na različite prepreke koje mogu biti različitog karaktera, a sve to zavisi od tipa mreže, načina komunikacije, izvora napajanja i zahtijevanih performansi. Rutiranje podataka moguće je izvršiti na različite načine u zavisnosti od arhitekture modela decentralizovanog prostornog informacionog sistema koji se koristi. Postoje tri različita modela: neighbourhood-based model, extended spatial model i spatiotemporal model. Algoritmi koji su opisani u ovom radu (Greedy, Face, GPSR) su zasnovani na extended spatial modelu. Radi se o nadogradnji neighbourhood-based modela a razlika je što u pomenutom modelu senzorski čvorovi imaju informaciju o sopstvenoj poziciji.

Napajanje senzorskih mreža je veoma bitna stavka, te se o energetske efikasnosti mora voditi računa. Senzorske mreže najčešće posjeduju baterijsko napajanje. Nestanak energije u ovakvim slučajevima predstavlja veliki problem, pogotovo u situacijama kada su senzorski čvorovi nepristupačni zbog njihovog položaja.

Obzirom da iz dana u dan senzori postaju jeftiniji i pristupačniji zbog čega je česta pojava da se stotine/hiljade senzora naknadno dodaju u mrežu. Rutiranje je potrebno dizajnirati na način da se ovakve promjene u mreži ne odraze na transport podataka. Dodavanje novih senzorskih čvorova u mrežu treba da bude po principu „plug and play“.

Zavisno od polja primjene, neke senzorske mreže mogu zahtijevati minimalno kašnjenje podataka, odnosno dobijanje podataka u realnom vremenu. Potrebno je da se

NAPOMENA:

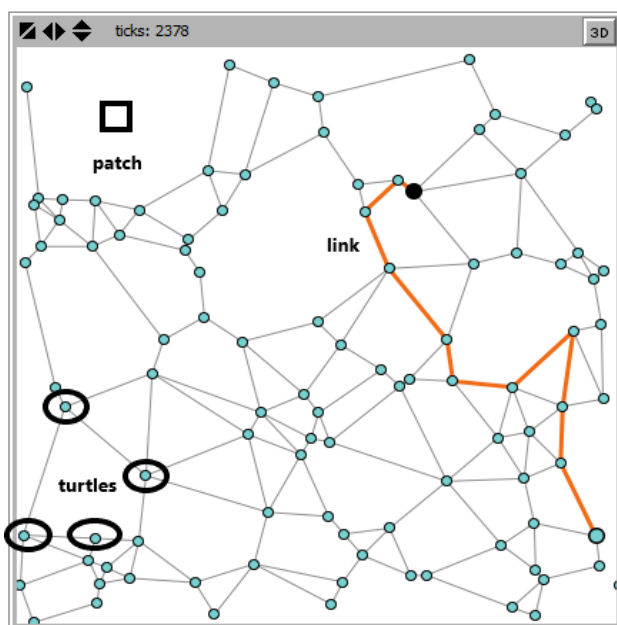
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Ristić.

prilikom rutiranja ispoštuju ovakvi zahtjevi zbog čega je ključno da bude minimalno vremenskih gubitaka.

3. NetLogo

NetLogo je softver koji je korišten za izradu praktičnog dijela ovog master rada. Radi se o programskom okruženju namjenjenom za modelovanje i simuliranje prirodnih i socijalnih pojava.

Programsko okruženje sastoji se od agenata. Agenti su elementi koji mogu da izvršavaju naredbe. Postoje četiri vrste agenata: turtles, patches, links i observers (slika 1). U ovom radu ključni su turtles (predstavljaju senzorske čvorove) i patches (predstavljaju dijelove podloge, nalik na šahovsku tablu).



SLIKA 1 – VRSTE AGENATA U NETLOGO-U

Korisnički definisane metode koje upravljaju agentima nazivaju se procedure. Moguće je kreirati procedure koje primaju ulazne parametre i na osnovu njih vrše određene operacije. Takođe je moguće kreirati proceduru koja vraća određenu vrijednost. Prilikom rješavanja problema u ovom radu kreirane su takve procedure, koje će biti objašnjene u narednim poglavljima.

Važno je napomenuti da postoji zvanična dokumentacija za ovaj softver, koja pruža uvid u njegove mogućnosti i bliže objašnjava operacije i procedure koje se koriste. NetLogo je besplatan i lako dostupan.

4. OPIS ALGORITMA

Osnovne komponente algoritma su: ograničenja, događaji, akcije i stanja.

Ograničenja definišu topologiju mreže, poziciju senzorskih čvorova, komunikaciju između čvorova itd.

Stanja predstavljaju svojevrzne režime u kojima se senzorski čvor može naći. U zavisnosti od stanja u kojem se nalazi, senzorski čvor se može ponašati na različite načine.

Za svako stanje postoji lista akcija koje se dešavaju kada senzorski čvor dođe u to stanje. Akcije moraju da imaju

konačan broj operacija koje se izvršavaju u konačnom periodu vremena.

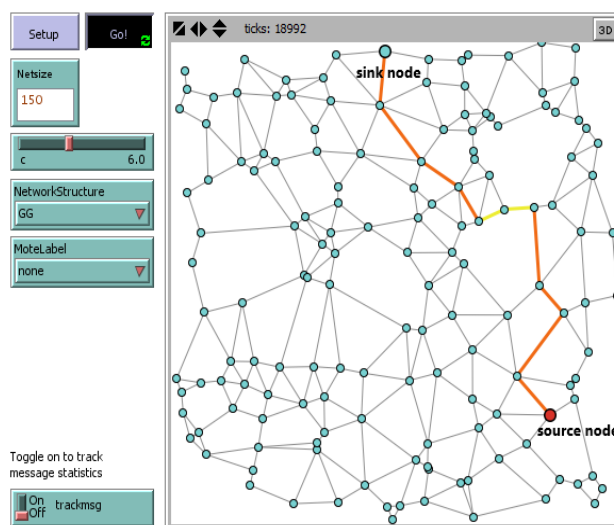
Događaji su određenog tipa i definisani su zadatkom da oni pokreću prelazak čvorova iz jednog u drugo stanje.

Tri algoritma ključna za ovaj rad su: Greedy, Face i GPSR.

Greedy algoritam zasniva se na poznavanju koordinata senzorskih čvorova i na računanju euklidskog rastojanja od trenutnog čvora u kojem se nalazi poruka do krajnjeg (destination) čvora.

Face algoritam se koristi za detekciju površi, odnosno regiona. Njegova osnovna namjena jeste kreiranje zatvorene konture. Cilj slanja poruke pomoću ovog algoritma je zaobilazanje određene prepreke [3].

GPSR algoritam nastao je kao kombinacija Greedy i Face algoritma. Ovaj algoritam pomaže da se premosti glavno ograničenje Greedy algoritma a to je situacija u kojoj je trenutni čvor najbliži destination čvoru, te nema kome poslati poruku. Najčešći „krivac“ za ovakvu pojavu jeste neka prirodna prepreka koja je onemogućila bolji raspored čvorova u mreži (npr. jezero). U tom slučaju prelazi se na Face algoritam čiji je zadatak da zaobiđe prepreku, a to će učiniti slanjem poruke po principu cikličnog rasporeda. Na slici 2 prikazana je upotreba algoritma. Veze koje su narandžaste boje označavaju dio mreže na kojem je korišten Greedy algoritam a veze žute boje označavaju dio mreže na kojem je korišten Face algoritam.



SLIKA 2-SLANJE PORUKE GPSR ALGORITMOM

5. IDEJNO RIJEŠENJE I MODIFIKACIJE

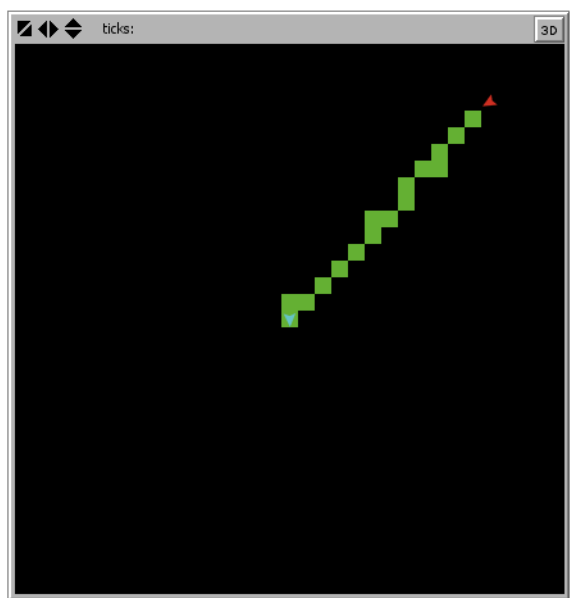
Nakon što je prikazano da GPSR algoritam u svom osnovnom obliku riješava probleme georutiranja u dvodimenzionalnom prostoru, bilo je potrebno istražiti kako bi uvođenje treće dimenzija pri sprovođenju georutiranja uticalo na izvršavanje algoritma. Kako bi se u NetLogo-u uvela treća dimenzija potrebno je proširiti senzorske čvorove (motes) i patch-eve sa trećom koordinatom. To je postignuto dodavanjem novog atributa koji je služio za mapiranje visinskih vrijednosti.

Prilikom svakog slanja poruke između dva senzorska čvora poziva se GetID metoda. U okviru ove metode ID čvorova (pošiljaoca i primaoca) se prenosi na targetID patch-a. Atribut targetID će naknadno služiti kao jedinstveni identifikator za svaki patch, te će se na osnovu njega dobijati informacije o koordinatama patch-a. Takođe, ova metoda vrši provjeru u okviru koje se provjerava da li pošiljaoc i primaoc stoje na istom patch-u. U tom slučaju je sigurno da je moguće poslati poruku, zbog čega je moguće zanemariti naredne provjere.

CreateScout metoda je zadužena za kreiranje novog agenta u okviru NetLogo-a. Agent (scout) će biti kreiran na patch-u na kojem se nalazi senzorski čvor koji šalje poruku. Zadatak ovog agenta jeste da pređe put od pošiljaoca do primaoca i pri tom označi sve patch-eve preko kojih će se poruka slati.

MarkPath je metoda u kojoj se aktivira scout na način da se usmjerava prema patch-u na kojem se nalazi senzorski čvor koji treba da primi poruku. Scout se kreće "patch by patch" i na svakom koraku provjerava se visina patch-a na kojem se scout nalazi u datom trenutku. Ukoliko se proračunom zaključi da patch jeste prepreka za slanje poruke, taj patch biće označen zelenom bojom (slika 3). Proces se ponavlja sve dok se lokacija (patch) scouta ne poklopi sa lokacijom (patch-om) senzorskog čvora koji treba da primi poruku [4].

Ukoliko se ispostavi da prepreke postoje, odgovarajuće true/false promjenjive imaju adekvatnu vrijednost na osnovu kojih će biti odlučeno da li je moguće poslati poruku zamišljenom putanjom.



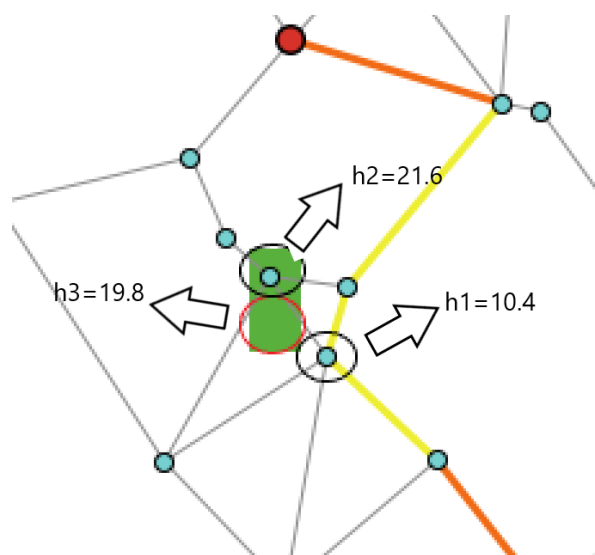
SLIKA 3-KRETANJE SCOUTA

Opisani proces je u potpunosti ugrađen u GPSR protokol i odvija se prije svakog slanja poruke.

Da bi bilo moguće procijeniti da li poruka može da prođe od jednog senzorskog čvora do drugog, potrebno je izvršiti detaljnu analizu situacije. Obzirom da se radi o realnom terenu, linija dogledanja između dva senzorska čvora može se predstaviti jednačinom prave između dve tačke u prostoru. U jednačini figurišu visine senzorskih čvorova i koordinate patch-eva na kojima se čvorovi nalaze. Od rezultata ove jednačine zavisiće da li se poruka

može poslati, i to je zapravo provjera koja se izvršava u prethodno spomenutoj MarkPath metodi.

Kao što je prethodno navedeno, patch-evi su aproksimacija terena iz realnog sistema. Kako bi takav prikaz terena bio konfigurabilan, visine patch-eva se unose iz ručno kreiranog tekstualnog fajla. Kreirana je metoda u programskom jeziku C# koja generiše fajl sa koordinatama patch-eva i pripadajućim visinama. Prilikom pokretanja procesa u NetLogo-u, fajl se pronalazi na zadatoj lokaciji i visine se mapiraju na odgovarajuće patch-eve.



SLIKA 4-SLANJE PORUKE MODIFIKOVANIM GPSR ALGORITMOM

Na slici 4 prikazani su sledeći koraci:

- poruka je putem Face algoritma stigla do čvora koji ima visinu 10.4
- algoritam je izračunao da poruka treba biti dostavljena čvoru sa visinom 21.6 putem Greedy algoritma
- prije nego što je poruka poslana, kreiran je scout koji je provjerio visine patch-eva koji se nalaze između dva senzorska čvora zaokružena crnim krugom
- utvrđeno je da patch zaokružen crvenim krugom ima visinu veću od visine čvora (19.8) zbog čega nije moguće dostaviti poruku željenom patch-u
- konačno, poruka se šalje trećem čvoru putem Face algoritma (veza žute boje)

Pored situacija koje su uspješno riješene, postoje i one koje algoritam ne uspeva prevazići. Problem može nastati kada se zbog nepovoljne konfiguracije terena desi da poruka ostane zarobljena u određenom dijelu mreže. Ovakve pojave mogu se spriječiti adekvatnim projektovanjem i simulacijama georutiranja.

6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada i problem koji se riješavao jeste implementacija GPSR algoritma za georutiranje podataka u trodimenzionalnom sistemu. Algoritam u svojoj osnovnoj verziji je namijenjen djelovanju u dvodimenzionalnom sistemu, ali se iz praktičnih razloga javila potreba da se

ispita koje probleme sa sobom donosi uvođenje treće koordinate. Naime, geosenzorska mreža će uvijek biti implementirana u prostoru, tj. u sistemu definisanom sa tri koordinate, što znači da će visina konstantno figurisati u svim proračunima. Samim tim, dok se u algoritam ne uvede i treća koordinata ne može se dobiti vjerna replika situacije na terenu u realnom vremenu. Kako bi se takva situacija što vjernije prikazala u NetLogo-u najprije je bilo potrebno simulirati teren. Softverski posmatrano, dijelovi terena predstavljani su patch-evima pa je naredni korak bio da im se pridoda novi atribut koji će predstavljati visinu. Takođe, i senzorske čvorove je bilo potrebno proširiti na način da realno predstavljaju senzorski čvor implementiran u realnoj mreži, na realnom terenu. Nakon što su čvorovi, zajedno sa podlogom, „prošireni“ na način da im je pridodata treća dimenzija, može se reći da se situacija iz softvera poistovjetila sa realnom situacijom na terenu.

Kada je u pitanju rješenje problema, ključno je bilo pronaći način na koji će biti prikupljeni patch-evi između dva senzorska čvora koja međusobno komuniciraju. Na početku procesa, označavaju se patch-evi na kojima su locirana dva čvora od interesa. Zatim se na polaznom patch-u kreira treći, privremeni čvor, koji treba da izvrši izviđanje (zbog čega se naziva scout). Pod terminom izviđanje podrazumijeva se kretanje korak po korak koje će treći čvor vršiti sve dok ne dođe do ciljnog čvora, odnosno čvora koji treba da primi poruku. Nakon što su prikupljeni svi patch-evi, za svaki od njih se provjerava da li predstavlja prepreku prilikom slanja poruke. Na osnovu rezultata ove provjere odlučuje se da li će poruka biti poslana ciljanom senzorskom čvoru, ili će algoritam morati da pronađe novog primaoca poruke.

Važno je reći da postoje situacije koji ni modifikovani algoritam ne može da riješi. Razlog zbog kojeg se to dešava je najčešće nepovoljna konfiguracija terena ili loše projektovana mreža.

Prostor za unapređenje trenutnog rješenja definitivno se ogleda u prevazilaženju pomenutih situacija. Obzirom da je teško softverski prevazići ovaj specifičan problem, treba posegnuti za preventivnim mjerama koje će spriječiti da uopšte dođe do navedenog problema.

Dalji pravac u kojem treba nastaviti istraživanje, jeste mogućnost softvera da upozori korisnika na kritične lokacije, odnosno na patch-eve u kojima bi moglo doći do problema u slanju poruke. U tom slučaju od algoritma se očekuje da prepozna sve patch-eve kao jednu cjelinu i da prepozna i označi dijelove terena čija konfiguracija je potencijalno prijetnja za komunikaciju između dva čvora. Ipak, glavni oslonac u rješavanju navedenih problema i dalje ostaje adekvatno projektovanje mreže i simuliranje komunikacije između geosenzorskih čvorova.

7. LITERATURA

- [1] Lin-Jie Guan, Topological relationship between continuously evolving regions in geosensor networks (November 2012), Department of Infrastructure Engineering, The University of Melbourne.
- [2] Dazhi Chen, P.K. Varshney, Geographic Routing in Wireless Ad Hoc Networks (March 2009), Springer Publishing, London.
- [3] Xiaoyang Guan, Face routing in wireless Ad Hoc Networks (September 2009), Graduate Department of Computer Science, University of Toronto.
- [4] Unknown author, NetLogo While loop, StackOverflow public platform for knowledge sharing.

Kratka biografija:



Boris Prpoš rođen je u Prijedoru 1996. god. Diplomski rad na temu „Formiranje složenog 3D modela primjenom tehnologije skeniranja georadarom“ odbranio je 2019 godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.
kontakt: prposboris13@hotmail.com