

MODELAREA PROBLEMELOR FOLOSIND SISTEME MULTIAGENT

ing. Cristian Popescu

Institutul de Cercetări în Inteligență Artificială, Academia Română

cristian@racai.ro

Rezumat: Acest articol a fost structurat în cinci secțiuni. Prima secțiune cuprinde o introducere în sistemele multiagent și o descriere a contextului general. Ea este urmată de descrierea problemei, făcând o introducere în mediul reprezentat de sateliții de comunicație. În secțiunea a treia, se modelează problema folosind sistemele multiagent. Apoi, în secțiunea a patra, se oferă o soluție de rezolvare a problemei. Această secțiune este urmată de câteva concluzii și referințe bibliografice.

Cuvinte cheie: sisteme multiagent, sateliți de comunicație, transmiterea datelor, stații de emisie recepție.

1. Introducere

Sistemele multiagent (SMA) reprezintă o metodă de a rezolva distribuit o gamă largă de probleme. Printre avantajele aduse de SMA față de programarea tradițională, cum ar fi cea orientată pe obiecte, se pot enumera autonomia agenților, flexibilitatea agenților de a rezolva anumite sarcini, gradul mare de comunicare inter-agenți care oferă posibilitatea stăpânirii (simplificării) complexității unei aplicații dificile. Astăzi, se încearcă implementarea de sisteme multiagent pentru o multitudine de probleme. Problemele care se pretează la acest tip de rezolvare sunt cele care se pot modulariza, împărți în mai multe sarcini/activități, fiecare din această sarcină putând fi rezolvată de un singur agent. Fiecare agent este înzestrat cu un algoritm care caută o rezolvare optimă pentru a atinge un scop. În exemplul tratat pe parcursul acestui articol, obținerea de cât mai multe puncte reprezintă o modalitate de a motiva agentul ca să rezolve problema.

2. Formularea problemei

În 1962, gigantul american în telecomunicații, AT&T, a lansat primul satelit de comunicații [2]. Numele lui este Telstar. Acest moment a reprezentat o deschidere în istoria comunicațiilor. De atunci, spațiul cosmic din apropierea Pământului s-a îmbogățit cu nenumărați sateliți, specializarea lor diversificând-se foarte mult.

Sateliții de telecomunicații sunt compuși din două părți principale. Pe scurt, vom explica, în continuare, în ce constau aceste părți:

- satelit (aparatură care orbitează în jurul Pământului);
- stația care se află pe Pământ, corespondentul satelitului, care face legătura dintre om și satelit.

Un satelit lansat de om în jurul unei planete este denumit satelit artificial sau făcut de mâna omului. Exemple de sateliți artificiali sunt Sputnik-I, Explorer-I, GSAT-I și GSAT-II [3].

Drumul parcurs de un satelit se numește orbita satelitului. Avem mai multe tipuri de orbite:

- geostaționare (Geostationary Earth Orbit); sateliți puși pe o orbită în așa fel încât rămân staționari față de un punct fix de pe Pământ;
- LEO (Low Earth Orbit); sateliți care se mișcă față de un punct fix de pe Pământ.

Satelitul care trimite mesaje pe distanțe lungi, folosind o orbită geostaționară, se numește satelit de comunicație.

3. Modelarea problemei folosind sistemele multiagent

În acest articol, vom lua în discuție o formă simplificată a problemei reale de comunicare între sateliți și stații. Se consideră un sistem format din sateliți, puncte de emisie și puncte de recepție de pe Pământ (figura 1). Sateliții trebuie să fie dispuși astfel încât să asigure recepția punctelor de emisie, precum și transferul optim către punctele de recepție de pe Pământ (figura 2). Punctele de emisie și punctele de recepție de pe Pământ se pot mișca sau pot fi fixe (figura 3). Numărul de sateliți este fix și ar trebui să fie minim.

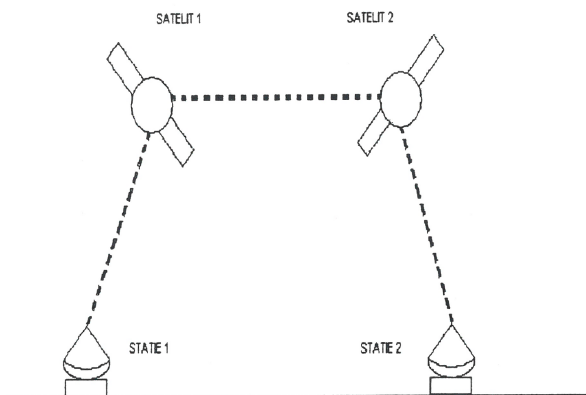


Figura 1. Comunicatie între sateliți și stații

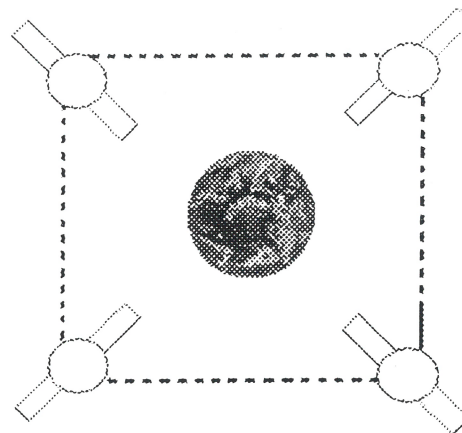


Figura 2. Sateliți dispuși în jurul Pământului

Fiecărui satelit îi corespunde un agent, poziția acestuia fiind calculată după o metodă prezentată în continuare. Pentru fiecare mișcare, satelitul pierde 1 punct. Sateliții se mișcă 90 de grade la stânga, 90 de grade la dreapta, înainte, înapoi. Fiecare recepție de semnal de la sursa de pe Pământ va oferi agentului 50 de puncte. Fiecare recepție de semnal de la un alt satelit va oferi satelitului 5 puncte. Fiecare emisie de semnal către un punct de recepție de pe Pământ oferă satelitului 50 puncte. Fiecare emisie de semnal către un alt satelit oferă agentului 20 de puncte.

Considerăm bolta cerească, mediul în care sateliții se mișcă, ca fiind o rețea de celule. Toate celulele au aceeași dimensiune. Pentru demersul, nostru considerăm celulele de formă pătratică.

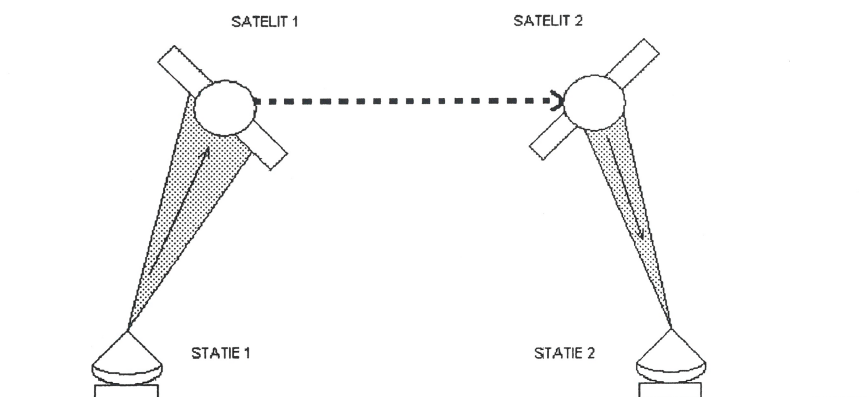


Figura 3. Comunicatie între stații

Un satelit adiacent este vizibil dacă se află pe o rază de 5 celule de agentul nostru. Satelitul nostru cunoaște pozițiile sateliților adiacenți lui de pe o rază de 5 celule. În transmiterea semnalului, este specificată destinația semnalului, poziția receptorului de pe Pământ, astfel încât se caută satelitul cel mai apropiat de acesta. Dacă receptorul se află pe o rază de 5 celule în jurul satelitului nostru care a primit semnalul, acesta nu mai transmite altui satelit semnalul, ci îl transmite direct acestuia. Dacă nu se găsește nici un satelit care să fie în raza de 5 celule ale receptorului, atunci satelitul cel mai apropiat va face «un drum», abătându-se de la poziția inițială, până va intra în raza de 5 celule a receptorului dorit de pe Pământ, pentru a transmite semnalul, iar apoi se reîntoarce în punctul de plecare. Aceasta se întâmplă în cazul că satelitul n-a întâlnit alt satelit căruia să-i transmită mesajul.

Dacă în jurul punctului de emisie de pe Pământ nu se află nici un satelit, atunci când acesta va emite (după o distribuție random, adică pentru intervalul $[0..1000]$, se va emite de pe Pământ doar dacă funcția random întoarce un număr prim) toți sateliții primesc penalizare 25 de puncte. În acest caz, sateliții încep să se rearanjeze. Există posibilitatea ca doi sateliți să încerce să ocupe aceeași celulă. În acest caz, ambii sateliți primesc penalizare 200 de puncte și se încearcă altă organizare a lor.

4. Soluția obținută cu sistemele multiagent

În [1], agentul este definit ca un model nou de rezolvare pentru sistemele ingineresti distribuite, de procesare a informației, mari, deschise și eterogene. Sistemele multiagent pot fi văzute ca o colecție de unități autonome distribuite, capabile de a realiza activități complexe prin interacțiune, coordonare, inteligență colectivă și manifestare de șabloane de comportament.

Pe parcursul acestui articol, definim un agent ca fiind o entitate virtuală, care dispune de o bază de cunoștințe și o strategie pentru rezolvarea scopurilor. Definim ca sistem multiagent un sistem de agenți care conlucrează pentru atingerea unui scop comun sau individual, într-un mediu comun. Relația dintre agenți poate să fie de cooperare sau de competiție în funcție de necesitatea soluționării scopurilor.

Problema va fi modelată ținând cont de faptul că agenții sunt cognitivi, adică ei își cunosc poziția și pot memora informații despre ceilalți sateliți. Sateliții nu cunosc poziția punctului de emisie și nici poziția punctelor de recepție. Ei primesc mesaje de pe Pământ, fiecare mesaj fiind de forma:

Id stație care emite	Localizare		Id stație care recepționează	Localizare		Tip	mesaj	CRC
	long.	lat.		long.	lat.			

Toate stațiile sunt numerotate cu un unic identificator (*id*). În cadrul mesajului, trebuie reținut ce stație a emis, ca informație pentru stația care trebuie să recepționeze. Urmează un câmp care cuprinde două coordonate pentru localizarea atât *longitudinală*, cât și *latitudinală* a stației emitoare. În mesaj, mai trebuie cuprins și identificatorul stației căreia îi este destinat mesajul. Următoarele două câmpuri reprezintă localizarea acestei stații pe pământ (*coordonatele longitudinale și latitudinale*). *Tip* este tipul mesajului. Mesaje pot să fie de mai multe tipuri:

- mesaj care cuprinde informația ce trebuie transmisă unei stații indicate (MESSAGE_TO_STATION);
- mesaj care trebuie transmis tuturor stațiilor de pe Pământ (la tip este pus BROADCAST_TO_STATIONS);
- mesaj care referă localizarea stației față de satelit (în acest caz stația transmite satelitului din apropiere noile ei coordonate; iar tipul mesajului va fi de forma MESSAGE_TO_SATELITTE);
- mesaj care referă localizarea stației față de toți sateliții (BROADCAST_TO_SATELLITES).

O stație își poate modifica coordonatele în timp. Din când în când, acea stație trimite *lumii* care și ea transmite satelitului care se află în apropiere, sau sateliților de pe bolta cerească, mesaje pentru a preciza noua locație.

Mesaj este câmpul care conține o anumită informație care trebuie trimisă de către sateliți unei alte stații.

CRC reprezintă o modalitate de a verifica corectitudinea mesajului. Este acronimul de la „*Cyclic Redundancy Check*” (o verificare ciclică redundantă). Prezintă o tehnică comună pentru detectarea erorilor de transmiterea datelor [4].

Agenții comunică eficient, prin intermediul *lumii*, doar strictul necesar pentru rezolvarea problemei, deși protocolul de comunicare poate fi oricât de complicat. Sistemul de mesaje este format din cozi de mesaje (dinamice cu dimensiune limitată doar de memorie) disponibile fiecărui agent. Mai avem un set de metode generice de lucru cu mesajele (copiere, adaugă, extrage), structuri de mesaje tipice unui anumit tip de mesaj, metode de trimitere de mesaje *lumii* sau de recepționare mesaje, bucla de recepție a mesajelor din coada de mesaje (figura 4).

Agenții (sateliții) sunt entități autonome, putând rezolva problema individual sau în colaborare. Ei sunt dotați cu algoritmi speciali, care duc la o îmbunătățire a soluției individuale.

Împărțirea spațiului pentru alocarea unei zone fiecărui agent trebuie făcută pentru o acoperire cât mai bună a suprafeței de recepționare a semnalului de la stații. Algoritmul de împărțire al spațiului determină cea mai bună configurație, după ce, în prealabil, s-au încercat toate variantele posibile. Se încearcă împărțirea spațiului, pe cât posibil, în zone pătrate. Se alege soluția care este optimă atât din punctul de vedere al timpului în care fiecare agent realizează acoperirea suprafeței respective, cât și din punct de vedere al ariei respective (suprafețe prea mari pot duce, în anumite cazuri, la izolări ale agentului față de ceilalți agenți).

-
- The diagram illustrates the interaction between the World (Lumea) and various components in a distributed system. The central component is the World (Lumea), which interacts with several other components:
- main()**: The entry point of the system, which interacts with the World (Lumea).
 - Cereri, Mesaje**: Requests and messages sent to the World (Lumea).
 - Actualizare, Mesaje, Informații**: Updates, messages, and information received by the World (Lumea).
 - Satelit**: Satellites, which interact with the World (Lumea) and receive updates, messages, and information.
 - Stăție**: Stations, which interact with the World (Lumea) and receive messages and information.
 - mediul fizic**: The physical environment, which interacts with the World (Lumea).
- The diagram shows the flow of data and control between these components, highlighting the central role of the World (Lumea) in coordinating the system.

- 2.2.1. calculează drumul de cost minim în direcția în care se află stația destinatară
- 2.2.2. trimite **lumii** cerere de precizare satelit care se află pe raza de 5 celule și pe direcția calculată
- 2.2.3. cât timp **lumea** nu răspunde că a găsit satelit care se află pe raza de 5 celule pe direcția calculată, și stația destinatară nu se află pe raza de 5 celule față de satelitul curent
 - 2.2.3.1. atunci
 - 2.2.3.1.1. mută satelitul pe direcția calculată și interoghează **lumea**
- 2.2.4. dacă **lumea** răspunde afirmativ furnizând coordonatele satelitului vecin
 - 2.2.4.1. atunci trimite **lumii** mesajul, iar aceasta îl trimite satelitului din apropiere
- 2.2.5. dacă stație receptoare se află în raza de 5 celule față de satelit
 - 2.2.5.1. atunci
 - 2.2.5.1.1. trimite acesteia mesajul
 - 2.2.5.1.2. elimină mesaj din coada de mesaje
- 2.2.6. satelitul se întoarce la vechile coordonate

Asemănător, se implementează și celelalte cazuri de mesaje.

Lumea menține o tabelă cu toate punctajele primite de sateliți. Șabloanele de comportament ale agenților sunt determinate de stări specifice ale rezolvării problemei. Agenții setează diferite *obiective* pentru fiecare stare pe care încearcă să le ducă la îndeplinire.

Uneori, *obiectivele* sunt destul de complexe, precum: urmărirea unei căi prestabilite, căutarea unei anumite zone, comunicația cu alți agenți în scopul descoperirii unui plan mai bun de rezolvare a problemei.

Agenții „se văd” prin intermediul **lumii** și verifică dacă ceilalți agenți sunt cunoscuți sau nu și trimit o confirmare a faptului că aceștia sunt vecini noi și faptul că problema se poate împărți în mod echitabil, fiecare căutând pe o anume suprafață, mai mică. Agenții pot confirma sau nu faptul că au ales cooperarea.

Algoritmul de împărțire a bolții cerești în segmente repartizate fiecărui satelit este implementat utilizând metoda back-tracking [7], deoarece furnizează cea mai bună soluție. Atâta timp cât se păstrează un număr de agenți destul de mic (de exemplu, 10 sau 20), atunci timpul de calcul rămâne scăzut.

La algoritmul de căutare, problemele apar datorită suprafețelor alocate fiecărui agent. Determinarea drumului de cost minim pentru o acoperire cât mai bună a zonelor de căutare poate conduce la apariția unor zone prin care agentul nu va trece. În cazul în care în acele zone va apare un semnal emis de o stație, agentul nu va afla (situație în care stația care emite semnalul nu se află pe o rază de 5 celule de nici satelit).

Comunicația între agenți este implementată destul de simplu datorită nivelului redus de informație vehiculată, numărul redus tipuri de mesaje. Dezavantajul acestui algoritm constă în faptul că nu garantează că toți agenții se vor cunoaște sigur, după un anumit timp prestabilit. Faptul că agenții sunt depărtați unul de celălalt, la o anume distanță, și faptul că, în funcție de puterea semnalului de emisie, se pot transmite sau recepționa semnale, impune o tratare a unei serii de probleme de comunicare precum necesitatea unei confirmări pentru faza de întâlnire între doi agenți sau cooperarea agenților în caz de alertă.

5. Concluzii

S-a încercat soluționarea problemei formulate în secțiunile 2 și 3 folosind sistemele multiagent. Astfel, problemele de gestiune a comunicației între diferite stații de pe Pământ sunt rezolvate de către entități virtuale (agenți) care conlucrează pentru atingerea unui scop comun sau individual, într-un mediu comun. Agenții încearcă să își satisfacă atât scopul lor individual, cât și cel global prin câștigarea a cât mai multor puncte și pierderea a cât mai puține. Fiecare agent are un anumit grad de libertate în acțiunile sale.

Îmbunătățirile care pot fi aduse țin atât de obținerea unor mai bune performanțe cât și a ridicării gradului de competiție (în special, cea neloială). Poate fi implementat un protocol de negociere a informațiilor, de genul:

pozițiile celorlalți agenți pe hartă, informații privind zonele cu numărul cel mai mare de stații care emit sau care recepționează. În general, se vor negocia informații contra informații sau contra puncte. Algoritmii de negociere vor fi cei standard specifici KQML [5] sau FIPA-ACL [6]. Se poate implementa o variantă în care agenților să nu li se mai distribuie parcele de cercetat, ci își câștigă ei dreptul de a cerceta într-o anumită zonă (în funcție de numărul de puncte obținut până la un moment dat). De asemenea, se poate implementa și un algoritm pentru ca stațiile să se miște după un anumit șablon și să emită la intervale prestabilite. Astfel, apar zone în care probabilitatea de apariție a unui semnal să fie mai ridicată, rezultând de aici mai multe puncte pentru un agent.

Bibliografie

1. **WOOLDRIDGE, W.:** An Introduction to Multiagent Systems, John Wiley and Sons, 2002.
2. **SORIN, T.:** Tehnici de programare, Editura Teora, București, 1994.
3. http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/ftp/satellite_nets/index.htm
4. <http://www.nos.org/secscicour/CHAPTER33.pdf>
5. <http://www.pcwebopedia.com>
6. <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/papers/>
7. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>