

RETEA DE SENZORI PENTRU SISTEME MULTI-AGENT BAZATE PE TEORIA JOCURILOR

Victor ABABII, conf., dr.; Viorica SUDACEVSCHI, conf., dr.;
Dimitrie BORDIAN, drd.; Sergiu DILEVSCHI, drd.;
Silvia MUNTENU, drd.; Ghenadie SAFONOV, drd.

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrarea de față sunt prezentate rezultatele proiectării unei rețele de senzori pentru aplicarea în sisteme multi-agent bazate pe modele matematice din teoria jocurilor. Topologia rețelei de senzori este formată din două sub-mulțimi de agenți, care concurează între ele, în soluționarea unei probleme de optimizare *min/max* pentru a obține un profit maximal conform funcției țintă. Problema de optimizare prezintă Echilibrul Nash, soluția căruia este atinsă în raport cu numărul de agenți implicați în rezolvarea problemei.

Cuvinte cheie: Rețea de senzori, sistem multi-agent, calcul paralel, calcul concurent, decizii concurente, teoria jocurilor, Echilibrul Nash.

1. Introducere

În marea măsură corectitudinea și performanțele unui Sistem Multi-Agent (SMA) [1,2] este determinată de corectitudinea și performanțele Rețelei de Comunicare (RC) [3], și a informațiilor de stare a mediului de activitate (setul de senzori pentru identificarea stării mediului de activitate) [6].

Un SMA prezintă o mulțime de agenți omogeni sau neomogeni care activează și colaborează într-un mediu închis sau deschis. Fiecare agent prezintă o combinație de resurse de calcul și produse program și este capabil de acțiuni autonome în scopul explorării mediului de activitate, și acțiunea asupra acestuia, cu scopul de a îndeplini obiectivul său predefinit [1,2].

Comunicarea (Rețelele de Calculatoare [3,4,5]) este elementul fundamental al tuturor SMA. Pentru un SMA comunicarea îndeplinește funcțiile: de informare/dezinformare, de control și de motivare. O dezvoltare importantă pentru SMA a fost obținută în rezultatul aplicării rețelelor de senzori fără fir [6], care oferă agenților informații de stare a mediului de activitate, etc.

Desigur, în afară de posibilitatea de comunicare dintre agenți, apare necesitatea de utilizare a algoritmilor sau modelelor specifice acestui dominiu. Un rol important în dezvoltarea SMA îl prezintă modelele bazate pe Calculul Evolutiv (CE) [7,8].

Activitatea și interacțiunea în SMA pot fi definite și în baza modelelor matematice din Teoria Jocurilor (TJ), care rezolvă problema de Echilibru Nash (EN) [9,10].

2. Formularea problemei de proiectare

Fie este definit Sistemul Multi-Agent $SMA = AC \cup AA$ (Figura 1.), unde: AC - mulțimea de Agenți Cooperativi cu intenții pozitive și AA - mulțimea de Anti-Agenți cu intenții negative. SMA activează în mediul MA care este definit prin mulțimea de stări $X = \{x_i, \forall i = \overline{1, I}\}$. Mulțimea de agenți AC și AA acționează asupra mediului MA cu semnalele $Y = \{Y^{AC} \cup Y^{AA}\}$, unde: $Y^{AC} = \{y_n^{AC}, \forall n = \overline{1, N}\}$ - sunt acțiuni pozitive asupra mediului de activitate MA și $Y^{AA} = \{y_m^{AA}, \forall m = \overline{1, M}\}$ - sunt acțiuni negative asupra mediului de activitate MA .

Să se proiecteze rețeaua de senzori care asigură funcționalitatea SMA în scopul rezolvării problemei de Echilibru Nash (1).

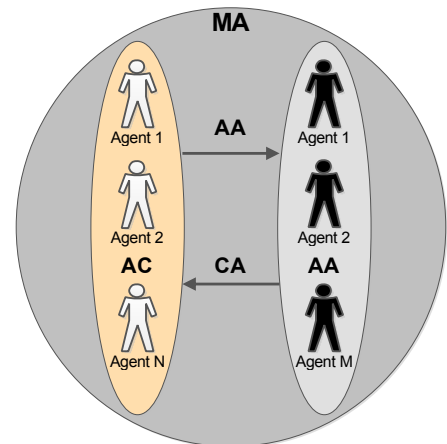


Fig. 1. Sistemul Multi-Agent.

$$\begin{cases} S^{AC} : X \rightarrow Y^{AC}, Y^{AC} : X \rightarrow X_{\max}; \\ S^{AA} : X \rightarrow Y^{AA}, Y^{AA} : X \rightarrow X_{\min}. \end{cases} \quad (1)$$

În modelul (1) sunt menționate: S^{AC} - mulțimea de strategii ale Agenților Cooperativi AC ; S^{AA} - mulțimea de strategii ale Anti-Agenților AA ; X_{\max} - condiția optimală urmărită de mulțimea de Agenți Cooperativi AC cu intenții pozitive; și X_{\min} - condiția optimală urmărită de mulțimea Anti-Agenți AA cu intenții negative. Comunicarea dintre mulțimile AC și AA are loc numai prin identificarea stării mediului de activitate MA .

3. Sinteza rețelei de senzori

Rețeaua de senzori (Figura 2) pentru asigurarea funcționalității sistemului Multi-Agent prezintă o topologie Wireless Mesh Network [11] formată din două mulțimi de noduri: $MN = \{MN_j, \forall j = \overline{1, M+N}\}$ - senzori mobili amplasați pe mulțimea de Agenți AC și AA ; $SN = \{SN_j, \forall j = \overline{1, J}\}$ - senzori staționari amplasați în spațiul mediului de activitate MA ; $I = M + N + J$ - numărul total de senzori în sistem.

Fiecare Agent are posibilitatea de a comunica în direct cu senzorii amplasați în vecinătatea sa, care este determinată de raza de acoperire a modului de comunicare WiFi.

Toți Agenții funcționează în mod paralel luând decizii în mod concurrent. Starea Agentului nu este cunoscută de către alți Agenți. Starea Agentului poate fi identificată numai prin influența acestuia asupra mediului de activitate MA .

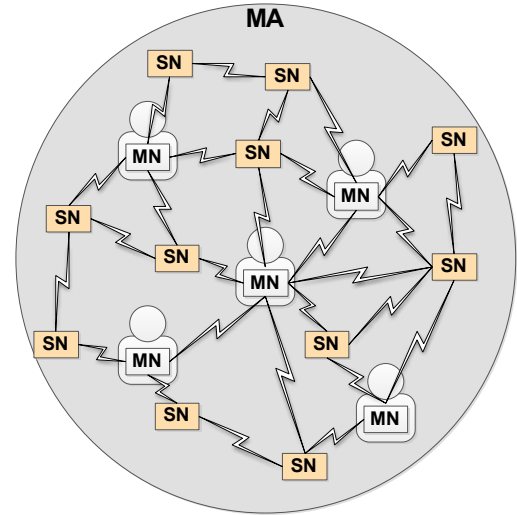


Fig. 2. Sistema Multi-Agent.

4. Modelul senzorilor staționari

La baza nodurilor de senzori staționari SN se află module ESP8266 (ESP-12E) [12] care realizează următoarele operații: achiziția datelor de stare a mediului de activitate MA și livrarea acestor date în rețeaua Wireless Mesh Network:

$$WiFi_j = ADC(x_j, \forall j = \overline{1, J}). \quad (2)$$

5. Modelul Agenților

Schema funcțională a Agenților Colaborativi și a Anti-Agenților este prezentată în Figura 3, unde: S_i - sensor pentru identificarea stării mediului de activitate, care generează valoarea x_i ; KBD_i - tastatură pentru coordonarea regimului de funcționare a Agentului; AM_i - element de acțiune asupra mediului de activitate; DS_i - display pentru afișarea stării Agentului; $ESP-12E_i$ [12] - sistemul de calcul care funcționează în baza AD_i algoritmului de decizie sau strategii; și $Data_i$ - datele de stare locală și globală.

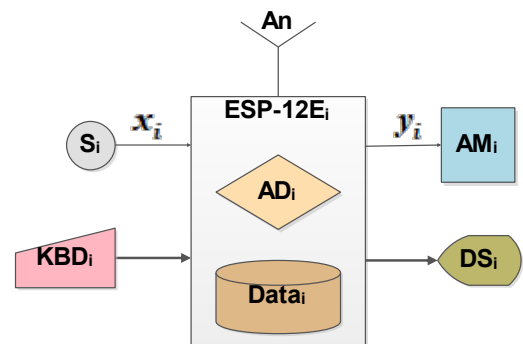


Fig. 3. Schema funcțională a Agenților AC și AA.

6. Modelarea convergenței Echilibrului Nash

Un joc strategic finit este definit de sistemul (3):

$$\Gamma = (A, ST, U), \quad (3)$$

unde:

$A = AC \cup AA$ - sunt cele două sub-mulțimi de Agenți Colaborativi și Anti-Agenți;

$ST = \bigcup_{i=1}^I (ST_i, \forall ST_i = \{st_{i,1}, st_{i,2}, \dots, st_{i,I}\})$ - este mulțimea de strategii posibile pentru fiecare Agent

Colaborativ AC , Anti-Agent AA și senzori staționari SN ;

$U = S^{AC} \cup S^{AA}$ - mulțimea de strategii care se consideră de câștig și duc la rezolvarea sistemului de ecuații (1), unde $S^{AC} \subset ST$ și $S^{AA} \subset ST$.

Conform Echilibrului Nash [10], dacă fiecare Agent va aplica la fiecare pas de acțiune una din strategiile definite U , atunci peste T pași se va atinge Echilibrul care este unic pentru modelul (1) și setul de strategii U .

Pentru evaluarea convergenței Echilibrului Nash au fost modelate două cazuri de raport dintre numărul de Agenți Colaborativi și Anti-Agenți. Rezultatele modelării sunt prezentate în Figura 4:

- Graficile 1 și 2 prezintă convergența Echilibrului Nash pentru cazul când în rețea sunt prezenți câte un Agent Colaborativ și un Anti-Agent. Pentru acest caz Echilibrul se stabilește abea la pasul 8 al procesului de calcul;

- Graficile 4 și 5 prezintă convergența Echilibrului Nash pentru cazul când în rețea sunt prezenți câte N Agenți Colaborativi și N Anti-Agenți. Pentru acest caz Echilibrul se stabilește la pasul 5 al procesului de calcul. Însă se observă o oscilare în continuare care este dererminată de conflictele de interes definite pentru mulțimea de Agenți Colaborativi și Anti-Agenți;

- Graficul 3 prezintă condiția de Echilibru Nash.

Mențiuni

Cercetările efectuate fac parte din tematica tezelor de doctorat planificate în cadrul catedrei Calculatoare, DIIS, FCIM, UTM. Testarea funcțională a rețelei de senzori s-a efectuat în baza dispozitivelor oferite de Centrul Studentesc de Creativitate Tehnică „Hard & Soft”.

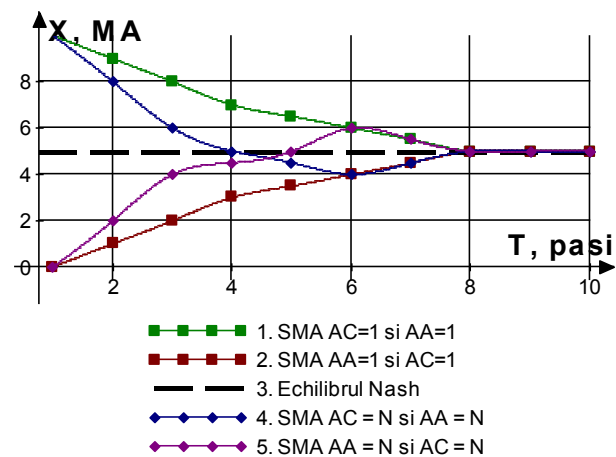


Fig. 4. Evaluarea convergenței Echilibrului Nash.

Bibliografie

1. Barbat, B.E. *Sisteme inteligente orientate spre agent*. Editura Academiei Romane, 2002.
2. Shoham, Y., Leyton-Brown K. *Multiagent systems: Algorithmic, Game-Theory, and Logical Foundations*. Cambridge University Press, 2009, 504p., ISBN-13: 978052189943.
3. Zota, R.D. *Rețele de calculatoare*. Editura ASE, Romania, 2014. ISBN: 978-606-505-798-2.
4. Олифер, В. Г.; Олифер, Н. А. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы*. Учебник для вузов (4-е изд.). СПб.: Питер, 2010, 944 с.
5. Таненбаум, Э.; Уэзеролл, Д. *Компьютерные сети* (5-е изд.). СПб.: Питер, 2012, 960 с.
6. Matin, M.A. and Islam, M.M. *Overview of Wireless Sensor Network*. (Sursă electronică: http://cdn.intechopen.com/pdfs/38793/InTechOverview_of_wireless_sensor_network.pdf).
7. Dumitrescu, D. *Algoritmi genetici și strategii evolutive - Aplicații în inteligența artificială și în domenii conexe*. Editura Albastră, Cluj-Napoca, 228p. 2000.
8. Rădulescu I.C. *Rezolvarea unor probleme de optimizare multi-obiectiv bazată pe algoritmi evolutivi*. Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 25. Nr. 2, 2015, pp.39-48.
9. Rasmusen, E. *Games and Information: An Introduction to Game Theory*, 3rd ed. Blackwell, Oxford. 2001.
10. Nash, F. *Non-Cooperative Games*, Annals of Mathematics 54, 286-295. 1951.
11. Sichitiu, M. L. *Wireless mesh networks: Opportunities and challenge*, in Proc. of the Wireless World Congress, (Palo Alto, Ca), May 2005.
12. <https://esp8266.ru/modules-esp8266/> (Accesat: 20.11.2017).