

Model bazat pe agenti software pentru constituirea întreprinderii virtuale

Asist. Ana-Ramona LUPU

Catedra de Informatica Economica, A.S.E. Bucuresti

This paper presents an agent-based model to support the formation of Virtual Enterprises (VEs). One of the main steps in the formation of a VE is the selection of partners. The model uses mobile software agents to represent the partners of a VE who collaborate to achieve the goals of the VE and also includes a negotiation protocol based on a range of strategies and tactics that agents can employ for negotiation. During the partners selection process we considered not only the individual partners alone, but also how they can contribute to the desired team of partners.

Keywords: virtual enterprise, multi-agent systems, negotiation.

În contextul noilor tendințe economice, întreprinderile virtuale ca rețele temporare de cooperare a unor companii, institutii sau indivizi independenți, distribuiti geografic care se unesc rapid și participa cu competențele lor centrale pentru a exploata o oportunitate de piață, par o soluție flexibilă și rapid adaptabilă, capabilă să-și desfășoare cu eficiență activitatea în noua economie. Elementul important care nu trebuie scapat din vedere este suportul asigurat de tehnologia informației și telecomunicațiilor, fără de care aceste întreprinderi nu s-ar putea constitui și funcționa. Astfel, natura dinamică a întreprinderilor virtuale impune restricții puternice, capacitatea formării eficiente a celei mai bune echipe devenind un element cheie pentru succesul activității lor.

În continuare este propus un model bazat pe agenți software pentru etapa de constituire a întreprinderii virtuale, în ideea automatizării procesului de selecție a celei mai bune echipe de parteneri pentru atingerea scopului întreprinderii virtuale.

Modelul are în centru un *agent al întreprinderii virtuale cu rol coordonator*, care posedă o descriere a tuturor obiectivelor, subobiectivelor întreprinderii virtuale, avându-se în vedere necesarul pentru atingerea acestor obiective. În acest scop se va folosi o listă de atribute, printre care trebuie incluse neapărat costul și intervalul de disponibilitate. Descompunerea obiectivelor este necesară să se realizeze până la nivelul la care se pot identifica firme care să furnizeze capacitățile nece-

sare pentru îndeplinirea sarcinii corespunzătoare părții respective.

Pentru fiecare dintre aceste subobiective se va crea câte un *agent mediator* care va prelua lista de posibili furnizori pentru capacitatea respectivă și va trimite un mesaj prin care să solicite trimiterea de către partenerii interesați a unor agenți mobili pentru negociere pentru capacitățile respective până la un anumit termen limită.

Descrierea subobiectivelor se realizează în principal prin următoarele elemente:

- termen limită pentru primirea ofertelor;
 - termen limită pentru realizarea subobiectivului;
 - capacitățile cerute;
 - atribute de evaluare, domeniul și eventualele restricții pentru capacitățile solicitate.
- Descrierea capacităților se face de către fiecare parte ner prin următoarele atribute:
- denumirea capacității;
 - număr ani de experiență;
 - evaluarea abilității (1..10);
 - evaluarea nivelului de performanță.

La acestea se mai adaugă informații despre:

- pret;
- nivel de implicare („costul încălcării angajamentului”, adică costul pe care trebuie să îl plătească partenerul întreprinderii virtuale dacă încalca angajamentul înainte de realizarea scopurilor întreprinderii virtuale);
- risc (costul total pentru acel partener + costul încălcării angajamentului).

La momentul stabilit, agentul mediator va începe procesul de negociere cu agentii mobili reprezentanti ai partilor interesate. Interactiunile dintre agenti pe parcursul negocierii sunt guvernate de un set de reguli normative care alcatuiesc protocolul de negociere, care debuteaza cu o etapa de prenegociere în care are loc un dialog între parteneri pentru a stabili conditiile negocierii. Primul pas este o verificare a concordantei cu subscopul respectiv în privinta intervalelor de disponibilitate si tipurilor de capacitate necesare. Daca verificarea se încheie cu rezultat nefavorabil, agentul paraseste locatia respectiva si se întoarce la locatia firmei care l-a emis, transportând informatii referitoare la neconcordanțele ivite.

Cei care trec de faza de verificare devin parteneri potentiali. Agentul mediator si cei mobili trebuie sa aiba încorporat un *model de negociere* si în cazul în care verificarea sa încheiat cu succes, va avea loc un proces de negociere care se desfasoara local, ceea ce are ca avantaj o reducere a încarcerii retelei si posibilitatea de desfasurare asincrona a comunicarii. În momentul în care s-a atins un acord sau în momentul atingerii termenului limita pentru realizarea acordului, negocierea se încheie. Agentul mediator va furniza agentului coordonator lista cu rezultatele negocierii.

Procesul de negociere bilaterala

Procesul de negociere care va avea loc este bilateral, bazat pe un set de atribute, în cazul de mai sus pretul si riscul. Fie *i* agentul care negociaza (agentul partenerului potential sau agentul care reprezinta întreprinderea virtuala) si $j \in \{1, \dots, n\}$ elementele supuse negocierii. Fie $x_j \in [min_j, max_j]$ o valoare pentru elementul *j*, considerând ca valoarea negociaata trebuie sa apartina unui anumit interval. Fiecare agent are o functie de evaluare:

$$V_j^i : [min_j, max_j] \rightarrow [0,1]$$

care calculeaza valoarea pe care agentul *i* o atribuie elementului *j*. În cazul elementelor de natura calitativa, functia de evaluare se poate defini direct pe setul ordonat al valorilor $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ca o functie discreta:

$\bar{V}_j : Q \rightarrow [0,1]$. Fiecarui element negociat *j*, agentul *i* îi confera o importanta w_j^i , valoare normalizata., astfel încât $\sum_{j=1}^n w_j^i = 1$. Astfel se poate construi functia de evaluare a contractului pentru agentul *i*:

$$V^i(x) = \sum_{j=1}^n w_j^i V_j^i(x_j)$$

Daca ambii negociatori folosesc o astfel de functie de evaluare e posibila calcularea valorii optime pentru *x* ca element de pe frontiera eficienta a negocierii. Orice contract care nu se afla pe aceasta frontiera nu este optim Pareto.

Dupa ce s-au stabilit elementele asupra carora se negociaza, una din parti lanseaza o oferta si va începe o succesiune de oferte si contraoferte. La un moment $t' > t$ putem avea urmatoarele situatii:

$$I^a(t', x_{b \rightarrow a}^t) = \begin{cases} \text{respinge, daca } t' > t_{\max}^a \\ \text{accepta, daca} \\ V^a(x_{b \rightarrow a}^t) \geq V^a(x_{a \rightarrow b}^t), \text{ altfel} \end{cases}$$

Oferta pe care agentul *b* a facut-o catre agentul *a* la momentul *t*, $x_{b \rightarrow a}^t$, este respinsa în momentul *t'* daca este depasit termenul limita pentru încheierea negocierii, este acceptata daca valoarea sa este mai ridicata decât valoarea contraofertei pe care se pregatea sa o faca, iar în celelalte cazuri se emite o contraoferta.

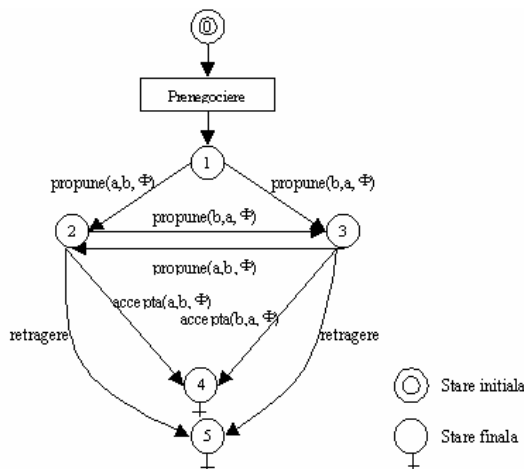


Fig. 1. Protocolul de negociere

Pentru elaborarea contraofertelor se folosesc o anumita strategie de negociere bazata pe combinarea anumitor tactici de negociere. Tacticile de negociere reprezinta un set de functii care determina cum sa se calculeze valoarea unui element având în vedere un singur criteriu. Daca se doreste luarea în considerare a mai multor criterii pentru acelasi element se va folosi o combinatie ponderata a diferitor tactici. Pentru a varia importanta criteriilor obținând flexibilitate în negociere se vor folosi diferite ponderi în combinatie liniara. Valorile astfel calculate pentru diferite elemente vor fi componentele contrapropunerii.

$$x_{a \rightarrow b}^t[j] = \begin{cases} \min_j^a + \mathbf{a}_j^a(t)(\max_j^a - \min_j^a), & \text{daca } V_j^a \text{ descreste} \\ \min_j^a + (1 - \mathbf{a}_j^a)(\max_j^a - \min_j^a), & \text{daca } V_j^a \text{ creste} \end{cases}$$

Trebuie asigurate conditiile $0 \leq \mathbf{a}_j^a(t) \leq 1$, $\mathbf{a}_j^a(0) = k_j^a$ si $\mathbf{a}_j^a(t_{\max}^a) = 1$, unde k_j^a este constanta care înmultita cu dimensiunea intervalului de valori determina valoarea initiala oferita pentru elementul j . Functiile pot fi împartite în doua familii, ambele parametrizate de o valoare $b \in \mathbb{R}^+$ care determina gradul de convexitate al curbei:

- polinomiale:

$$\mathbf{a}_j^a(t) = k_j^a + (1 - k_j^a) \left(\frac{\min(t, t_{\max}^a)}{t_{\max}^a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

- exponentiale: $\mathbf{a}_j^a(t) = e^{-\left(1 - \frac{\min(t, t_{\max}^a)}{t_{\max}^a}\right)^b \ln k_j^a}$

Se obtine astfel un numar infinit de tactici, pentru fiecare valoare a lui b , tactici denumite Boulware pentru $b < 1$ (care mentin valoarea pâna aproape de expirarea timpului, apoi cedeaza), respectiv Conceder pentru $b > 1$ (care ajung la valoarea de rezerva foarte rapid).

b) Tactici dependente de resurse. Aceste tactici modeleaza presiunea impusa de resurse limitate (latime de banda, bani) sau mediu (numar de clienti, numar de servere sau parametrii economici) asupra agentului. Se modeleaza cu aceleasi functii ca si tacticile dependente de timp, dar se opteaza pentru una din variantele:

În functie de criteriul considerat exista trei tipuri de tactici. Strategia de negociere modeleaza modificarea în timp a ponderii tacticilor pe masura ce criteriile își schimba importanta relativa ca raspuns la schimbarile din mediu.

a) Tactici dependente de timp. Daca agentul are un termen limita pâna la care trebuie realizat un acord, aceste tactici modeleaza faptul ca agentul este probabil sa cedeze mai rapid la apropierea termenului limita. Astfel, la momentul $0 \leq t \leq t_{\max}^a$, valoarea propusa de agentul a agentului b va depinde de o functie \mathbf{a}_j^a în felul urmator:

- valoare dinamica pentru t_{\max}^a , care reprezinta o euristica pentru ce cantitate de resurse sunt disponibile si este direct proportionala cu numarul de agenti care negociaza cu agentul respectiv si cu timpul considerat rezonabil pentru a negocia cu un agent si invers proportionala cu lungimea secventei de negociere.

- functia \mathbf{a} dependenta de cantitatea estimata din acea resursa, de exemplu

$$\mathbf{a}_j^a(t) = k_j^a + (1 - k_j^a) e^{-\text{resursa}(t)}$$

masoara cantitatea de resurse la momentul t . Putem avea: $\text{resursa}(t) = |N^a(t)|$, resursa este numarul de agenti cu care negociaza agentul a ; $\text{resursa}(t) = \min(0, t_{\max}^a - t)$, resursa este timpul.

c) Tactici imitative. În situatiile în care agentul nu este foarte presat sa atinga un acord, poate opta pentru o tactica imitativa, care sa îl protejeze de a fi exploatat de alti agenti. Contraoferta depinde de comportamentul oponentului. Exista mai multe familii de functii, iar pentru o secventa de negociere $\{ \dots, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2d}}, x_{a \rightarrow b}^{t_{n-2d+1}}, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2d+2}}, \dots, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2}}, x_{b \rightarrow a}^{t_{n-1}}, x_{b \rightarrow a}^{t_n} \}$, cu $\delta \geq 1$ avem:

- Tactici relative care reproduc în termeni procentuali comportamentul oponentului rea-

lizat cu δ pasi în urma. Conditia de aplicabilitate a acestei tactici este ca $n > 2\delta$.

$$x_{a \rightarrow b}^{t_{n+1}}(j) = \min(\max(\frac{x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2d}}(j)}{x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2d+2}}(j)} x_{a \rightarrow b}^{t_{n-1}}(j), \min_j^a), \max_j^a)$$

- *Tactici absolute* (la fel ca mai sus), dar comportamentul este imitat în marime absoluta. Este introdusa totusi o componenta aleatoare care modifica acest nivel cu o valoare aleatoare egala cu maxim M .

$x_{a \rightarrow b}^{t_{n+1}}(j) = \min(\max(x_{a \rightarrow b}^{t_{n-1}}(j) + (x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2d}}(j)) + (-1)^s R(M), \min_j^a), \max_j^a)$, unde trebuie sa avem $n > 2\delta$.

$$s = \begin{cases} 0, & \text{daca } V_j^a \text{ descreste} \\ 1, & \text{daca } V_j^a \text{ creste} \end{cases}$$

$R(M)$ este o functie care genereaza valori aleatoare întregi în intervalul $[0, M]$.

- *Tactici ponderate* – agentul calculeaza media procentelor de schimbare din comportamentul oponentului pentru o fereastră $\gamma \geq 1$.

$$x_{a \rightarrow b}^{t_{n+1}}(j) = \min(\max(\frac{x_{b \rightarrow a}^{t_{n-2g}}(j)}{x_{b \rightarrow a}^{t_n}} x_{a \rightarrow b}^{t_{n-1}}(j), \min_j^a), \max_j^a),$$

cu conditia $n > 2d$.

Pe baza unui set de tactici se pot obtine comportamente diferite de negociere prin acordarea unor ponderi diferite pentru aceste tactici, adica prin schimbarea matricei Γ (particulara fiecărei secvente de negociere):

$$\Gamma_{a \rightarrow b}^t = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1m} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{p1} & g_{p2} & \dots & g_{pm} \end{pmatrix}$$

Doar pe baza modelului teoretic nu se poate decide însa care din aceste comportamente vor avea succes în care dintre contextele de negociere. De aceea este nevoie de o evaluare empirica a principalilor parametri ai modelului cu scopul determinării celor mai de succes comportamente pentru diverse tipuri de situatii.

Dupa ce procesul de negociere cu unul din posibilii furnizori s-a încheiat, se trece la urmatorul, pâna la epuizarea listei de furnizori. În acest moment, agentul se întoarce la agentul coordonator cu rezultatele negocierii pentru fiecare din parteneri, valoarea evaluării finale si informatii despre capacitatile lor.

Agentul coordonator va realiza o ordonare a ofertelor în functie de evaluarea obtinuta. Dar cei mai bine cotate parteneri nu vor forma neaparat cea mai buna echipa, motiv pentru care se va realiza o evaluare a posibilelor echipe de lucru, avându-se în vedere costul, riscurile implicate si eventuale restrictii sau avantaje pentru anumite echipe.

Functia folosita pentru evaluarea echipei ar putea fi, de exemplu: Valoarea utilitatii echipei = (**valoarea pretului total * 70%**) + (**valoarea riscului total * 30%**). Se alege astfel o echipa câstigatoare, moment în care agentii mobili se vor întoarce la locatiile lor initiale cu rezultatele finale. Urmeaza faza de semnare a contractelor cu partenerii selectati.

Alegându-se un model bazat pe agenti mobili se obtine o reducere a încarcării rețelei si posibilitatea desfasurării operatiilor fara conectare dupa ce a avut loc transferul initial al agentilor. Un alt avantaj al modelului propus este strategia de negociere, care este dinamica, realizând o adaptare a tacticilor de negociere pe parcursul acestui proces în functie de modificarile care apar în mediu sau a unor elemente interne (scopuri, obligatii, intentii). O alta idee importanta este cea a folosirii unei evaluari la nivelul echipei, încercându-se astfel o perspectiva globala asupra viitoarei întreprinderi virtuale.

Bibliografie

1. S. Chalmers, P. Gray, A. Preece: *Supporting Virtual Organisations using BDI Agents and Constraints*, Proceedings of the 6th International Workshop on Cooperative Information Agents VI, p. 226-240, 2002.

2. K. Fischer, J.P. Muller, I. Hemig, A. Scheer: *Intelligent Agents in Virtual Enterprises*, Proc. Of the First International Conference and Exhibition on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-agent Technology, 1996, p. 205-214
3. P. Faratin, C. Sierra, N.R. Jennings: *Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents*, Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems 24 (3-4), p. 159-182
4. E. Oliveira, A.P. Rocha: *Agents' Advanced Features for Negotiation in Electronic Commerce and Virtual Organizations Formation Process*, European Perspective on Agent Mediated Electronic Commerce, Springer Verlag, 2000
5. S.A. Petersen, M. Divitini: *Using Agents to Support the Selection of Virtual Enterprise Teams*, Proceedings of Fourth International Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems (AOIS-2002), Bologne, Italy, July 2002
6. N. Szirbick, H. Wortman, D. Hammer, J. Goosenaerts, A. Aerts: *Mediating Negotiations in a Virtual Enterprise via Mobile Agents*, AIWoRC'2000: Mobile Technologies and Virtual Enterprises, 2000
7. N. Szirbick, D.K. Hammer, J. Goosenaerts, A. Aerts: *Mobile Agent Support for Tracking Products in Virtual Enterprises*, in The Working Papers of the Workshop of Agent-based Decision-Support for Managing the Internet Enabled Supply-Chain, p. 93-100, Seattle, 1999