

Databáza a možnosti rozhodovania v multiagentovom podpornom systéme MARABU pre modelovanie, riadenie a simuláciu dynamických systémov

Jolana Sebestyénová

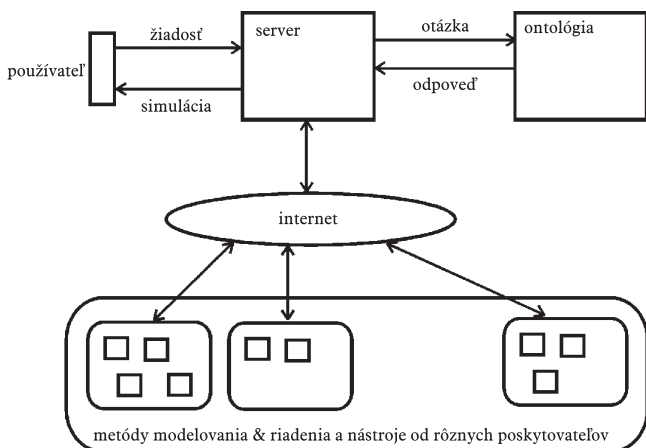
Úvod

Multiagentové systémy sú vhodné hlavne pre oblasti, ktoré sú prirodzene distribuované a vyžadujú automatizované rozhodovanie. Pri návrhu multiagentového systému pre určitý problém treba porozumieť, aké kompetencie potrebujú jednotlivé agenty, aby mohli byť aplikované v danej oblasti, a akými technikami umelej inteligencie možno tieto kompetencie implementovať.

Systémy na podporu rozhodovania sú interaktívne počítačové systémy určené na uľahčenie práce pri rozhodovaní, ktoré umožňujú vhodným spôsobom používať komunikačné technológie, dáta, dokumenty, znalosti a modely na identifikáciu problémov a ich riešenie.

Rozhodovanie na základe podobných prípadov (Case-based reasoning CBR) umožňuje v počítačových programoch použiť taký spôsob riešenia problémov, aký obvykle používajú ľudia pri riešení úloh, t. j. nové riešenie sa nájde prispôbením existujúceho riešenia, ktoré vyhovovalo v podobnom prípade. CBR je obzvlášť vhodný v prípadoch, keď neexistuje analytický model.

Gridová architektúra umožňuje distribuované výpočty cez internet alebo lokálnu sieť. Tento prístup uľahčuje výskumným organizáciám a univerzitám spájať prostriedky a vytvoriť jednotný systém. Zariadenia sa využívajú virtuálne a hoci sú jednotlivé zdroje



Obr.1 Architektúra systému MARABU

fyzicky umiestnené na rôznych miestach, používateľ má prístup k všetkým zdrojom. Architektúra podporného systému MARABU je na obr. 1.

Agenty v multiagentovom systéme môžu spolu komunikovať, iba keď rovnako chápu význam používaných pojmov. Agent môže vytvárať tvrdenia alebo zadania v určitej oblasti iba s použitím vhodnej konceptualizácie danej oblasti. Doménová konceptualizácia pomenúva a opisuje entity používané v danej oblasti a vzťahy medzi nimi, a preto poskytuje vhodný slovník na reprezentáciu znalostí v danej oblasti. Explicitná špecifikácia doménovej konceptualizácie sa nazýva ontológia. Ontológia tvorí základ vývoja inteligentných systémov a umožňuje spoluprácu heterogénnych systémov. Je užitočná pri tvorbe báz znalostí, databázových schém, štruktúrovaných slovníkov na komunikáciu agentov a pod.

Databáza založená na ontológii

Ontológiu možno chápať ako dohodnutý slovník pojmov a ich významov, ktorý používajú odborníci v danej oblasti. Pojem (koncept) reprezentuje určitú konkrétnu vec reálneho sveta. Doménové ontológie obsahujú znalosti platné pre určitú oblasť, všeobecné ontológie sú platné pre rôzne oblasti.

Oblasť teórie riadenia je veľmi široká a na rôznych úrovniach riadenia sa používajú rôzne metódy. Doménová ontológia pre oblasť teórie riadenia musí zahŕňať rôzne prístupy na opis systémov, rôzne formy modelov, identifikačné metódy, metódy riadenia atď. Napríklad pre konvenčné metódy riadenia musí obsahovať ručné riadenie, spätnoväzobné, kaskádové, pomerové riadenie a ich kombinácie. Medzi klasické metódy patrí adaptívne riadenie, kompenzácia oneskorenia, prediktívne riadenie. Ontológia musí opisovať aj moderné adaptívne a samonastavovacie metódy riadenia [6], optimálne riadenie, nelineárne, odolné, hybridné a diskkrétne metódy riadenia, sieťové (smart) riadenie [7] a metódy umelej inteligencie (fuzzy, fuzzy-neuro a genetické).

Okrem metód pre dynamické systémy spojených premenných musí doménová ontológia teórie riadenia obsahovať aj metódy modelovania a riadenia diskrétnych udalostných systémov [4], [1]. Diskrétne udalostné systémy sa používajú na koordinačnej úrovni, ktorá je hierarchicky nad riadením procesov.

Pri vývoji moderných technológií v oblasti elektrotechniky, akustiky, hydrauliky, biotechnológie a pod. treba niekedy opísať systémy s rozloženými parametrami [5]. Takéto systémy sa najčastejšie vyskytujú v podobe systémov s jednoduchým vstupom a distribuovaným výstupom a tiež ich treba opísať v doménovej ontológii.

Databáza podporného systému MARABU obsahuje:

- DB metód a prostriedkov,
- DB hotových príkladov (case base),
- bázu znalostí z oblasti teórie riadenia.

Každá jednotlivá metóda je v DB uložená aj s hodnotami atribútov, ktoré určujú, pre aký systém a pre aké požiadavky je metóda použiteľná. Zoznamy atribútov, ktoré sú usporiadané v jednotlivých dotazníkoch [8], a ich prípustné hodnoty sme vytvorili na základe konzultácií s doménovými expertmi z rôznych oblastí teórie riadenia.

Báza znalostí multiagentového systému obsahuje ontologickú reprezentáciu dát relevantných k danej oblasti, ako aj ďalšie dáta potrebné pre funkčnosť systému. Perzistentné dáta sú uložené v databáze. Dočasné informácie sú uschované v systémových premenných, napr. typ požadovanej podpory je zapísaný v premenných: model, riadenie, simulácia, podobné príklady.

Prvá verzia podporného systému MARABU, opísaná v časopise AT&P journal 4/2005 [3], mala objektovo orientovanú databázu a bola vyvinutá vo vývojovom prostredí JADE. Finálna verzia je urobená v podobe webového portálu a pracuje s relačnou databázou MySQL.

Webový portál systému MARABU

Webové portály sú veľmi vhodné pre znalostné systémy. Znalostné portály sú flexibilné, ľahko sa používajú a poskytujú používateľom bohatý obsah. Architektúra znalostných portálov obvykle obsahuje tri úrovne: (1) používateľské rozhranie a navigácia, (2) funkcie, napr. personalizácia, aktívna podpora, koordinácia agentov, správa dokumentov a (3) báza znalostí. Cieľom znalostných portálov nie je iba poskytovanie informácií v podobe knižníc, ale aj aktívna podpora používateľa v procese rozhodovania.

Okrem obvyklých funkcií webových portálov, ako sú registrovanie a prihlasovanie oprávnených používateľov, webový portál systému MARABU poskytuje základné informácie o tomto systéme. Oprávneným používateľom ďalej poskytuje tieto možnosti:

- **Voľba požadovanej podpory:** Používateľ si môže zvoliť ľubovoľnú kombináciu z uvedených 4 možností, avšak minimálne musí byť požadovaný model:
 - Model (t. j. používateľ chce vytvoriť model určitého systému),
 - Control (t. j. používateľ chce aj syntézu riadenia),
 - Simulation (požadovaná je aj simulácia na diaľku),

The screenshot shows a web interface for specifying system requirements. On the left, under 'Required support', there are four checked options: Model, Control, Simulation, and Case. Below this, 'Basic system specification' is set to 'distributed'. On the right, another 'Required support' section shows 'Model', 'Control', 'Simulation', and 'Case' as available options, with 'Basic system specification' set to 'distributed'. Below that, 'Specification of the system with distributed parameters' shows 'System abstraction level' as 'physical', 'Development approach' as 'real technological', and 'Processes with distributed par.' as 'glass industry'. At the bottom, 'Model requirements for systems with distributed parameters' shows 'Definition scope' as '2D' and 'Model type' as 'diffuse oscillating'.

Obr.2 Grafické používateľské rozhranie systému MARABU pre špecifikáciu požadovanej podpory

– Case (používateľ požaduje podporu v podobe hotových príkladov, ktoré sa podobajú danej úlohe).

Z požadovanej podpory vyplýva aktuálny vývojový diagram, t. j. postupnosť a typy dotazníkov. Obr. 2 ilustruje špecifikáciu požadovanej podpory, ako aj špecifikáciu systému a požiadavky na model v kontexte distribuovaných systémov.

- **Základná charakteristika systému:** Používateľ si zvolí jednu z uvedených možností:
 - Continuous (spojité systémy),
 - DES (udalostné systémy),
 - Distributed (systémy s rozloženými parametrami).

Základná charakteristika systému určuje obsah a následnosť jednotlivých dotazníkov a kontext rozhodovania.

- **Vyplnenie dotazníkov:** Generovanie dotazníkov pre rôzne typy systémov, ako aj vyhľadávanie v databáze sa vykonáva rozdielne v závislosti od kontextu spojitých, udalostných, resp. distribuovaných systémov, čo je ilustrované ukázkami na obr. 3 a 4.

Vyplnenie dotazníkov ovplyvňuje aktuálny vývojový diagram. Používateľ zadáva iba hodnoty tých atribútov, na ktorých mu záleží. Ak pre niektorý atribút nie je zadaná požadovaná hodnota, algoritmus rozhodovania to chápe tak, že ľubovoľná prípustná hodnota toho atribútu je vhodná.

The screenshot shows the 'DES system specification' form. It includes fields for 'System abstraction level' (virtual), 'Development approach' (prototype), 'Dynamics' (timed event dynamics), 'Timed event dynamics' (synchronous), 'Determinism' (undeterministic), 'Discrete event processes types' (transportation systems), 'Manufacturing systems' (manipulation units), 'Production cells' (free transport track), 'Manipulation units' (robots), 'Transportation systems' (free transport track), 'AGV movement' (spontaneous transport), 'Transport jobs' (spontaneous transport), 'Movement dimension' (0), 'AGV velocity' (0), and 'Number of AGV' (0). Below this is the 'Model requirements for DES' section, which includes 'Time representation' (dense time), 'Hierarchy option' (checkbox), 'Real-time option' (checkbox), 'Finiteness' (infinite), 'Modeling method type' (dropdown), 'Composition mode' (dropdown), and 'Verification' (help link). A 'Required verification' dropdown is also visible.

Obr.3 Špecifikácia systému a požiadavky na model v kontexte udalostných systémov

Jednotlivé metódy a produkty poskytované v databázovom systéme MARABU sa podrobnejšie opisujú v pomocných súboroch (Help), ktoré sú pre používateľa pripravené na vhodných miestach a sú prístupné počas vyplňovania dotazníkov.

The screenshot shows the 'Control requirements for continuous systems' form. It includes fields for 'Control realization principle' (dropdown), 'Control structure' (feedback state-space control), 'Backward control' (checkbox), 'Control structure realization' (conventional PC/PLC), 'Functionality' (dropdown), 'Adaptability' (checkbox), 'Transport delay consideration' (checkbox), 'Controller type' (PID), 'Usage of a model' (checkbox), 'Optimal control' (checkbox), and 'Realization level' (dropdown). A 'PID tuning' dropdown is also visible. On the right, there is a 'Znalostná báza' dropdown menu with various control methods listed, such as 'Optimum magnitude method', 'Naslin method', 'Frequency methods', 'Inverse dynamic method', 'Standard polynomial methods', 'Cohen-Coon method', 'Time constants method', 'Pole placement method', 'Tangent methods', 'Robust internal control method', and 'Learning neural network methods'.

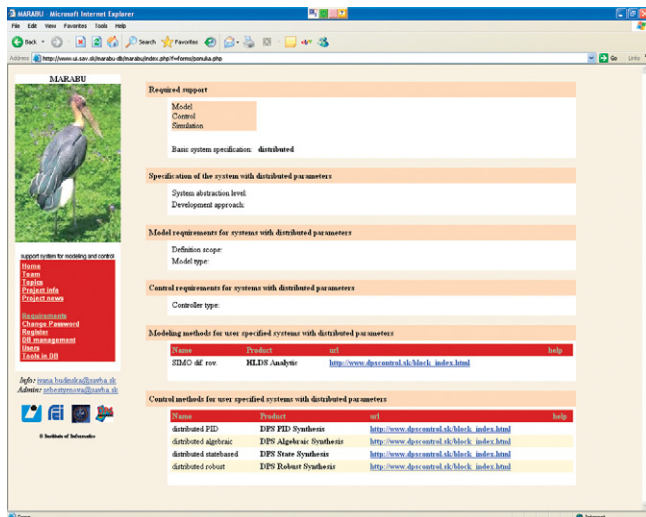
Obr.4 Požiadavky na riadenie v kontexte spojitých systémov

Rozhodovanie

Multiagentový podporný systém MARABU umožňuje 3 spôsoby rozhodovania:

- Ponuka metód a prostriedkov, ktoré sú vhodné pre úlohu špecifikovanú používateľom.
- Rozhodovanie na základe podobnosti – ponuka metód a prostriedkov, ktoré sú použité v príklade, ktorý sa najviac podobá používateľovej špecifikácii – CBR.
- Nájdenie hotového príkladu, ktorý sa najviac podobá používateľovej špecifikácii.

Ponuka metód a prostriedkov, ktoré sú vhodné pre úlohu špecifikovanú používateľom sa vykonáva klasickým dotazovaním v databáze. Metódy a prostriedky sa v databáze vyhľadávajú na základe kontextu a špecifikovaných požiadaviek.



Obr.5 Modely a metódy riadenia vyhľadané na základe používateľských požiadaviek v kontexte systémov s rozloženými parametrami

Na obr. 5 je ukážka webového portálu systému MARABU s ponukou vhodných modelov a metód riadenia, ktoré boli vyhľadane na základe používateľovej špecifikácie systému a požiadaviek na model a riadenie v kontexte distribuovaných systémov.

Pre každý ponúknutý model, resp. metódu sú uvedené:

- názov modelu, resp. metódy,
- názov softvérového produktu (prostriedku), ktorý umožňuje použitie zvoleného modelu alebo metódy,
- webová adresa produktu,
- odkaz na podrobnejšie informácie o možnosti použitia vybraného produktu.

Pri rozhodovaní na základe podobných prípadov je na vyhľadávanie použitý algoritmus rozhodovania (CBR), ktorý bol navrhnutý pre systém MARABU. Atribúty, ktoré sú použité na špecifikáciu systémov a požiadaviek na model a riadenie, sú ováňované reálnym číslom v rozsahu 0 – 1 (t. j. 0 % – 100 %). Váhy jednotlivých atribútov vyjadrujú, akou mierou daný atribút zvyšuje, resp. znižuje mieru podobnosti dvoch systémov, keď má v špecifikácii týchto systémov daný atribút rovnakú, resp. odlišnú hodnotu.

Rozhodovanie na základe podobných prípadov je ilustrované ukážkou na obr. 6. Najprv je v databáze vyhľadaný príklad, ktorý sa najviac podobá používateľovej špecifikácii a požiadavkám. Pre každý príklad v rámci daného kontextu je vypočítaná miera podobnosti na základe váh atribútov a následne je používateľovi

Specification of the system with distributed parameters				
System abstraction level:	virtual			
Development approach:	model			
Model requirements for systems with distributed parameters				
Definition scope:	2D			
Model type:	diffuse			
Control requirements for systems with distributed parameters				
Controller type:	algebraic			
Modeling methods used in similar cases				
Similarity rate	Method name	Case description	Product	url
0.8	SIMO dif. rov.	Control of temperature field of metal body	DPS PID Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
0.77	distributed algebraic	Control of temperature field of thin metal bar	DPS Algebraic Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
Control methods used in similar cases				
Similarity rate	Method name	Case description	Product	url
0.8	distributed algebraic	Control of temperature field of thin metal bar	DPS Algebraic Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html

Obr.6 Modely a metódy riadenia odporúčané na základe CBR v kontexte distribuovaných systémov

Similarity rate	Description	Product	url
0.288	Control of temperature field of metal body	DPS PID Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
0.576	Control of temperature field of thin metal bar	DPS Algebraic Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
0.288	Control of oscillation of "smart" structure	DPS State Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
0.288	Control of temperature field of glass melting furnace	DPS Robust Synthesis	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html
0.29	Control of temperature field of glass melting furnace	DPS Robust	http://www.dpscontrol.sk/block_index.html

Obr.7 Ponuka hotových podobných príkladov v kontexte distribuovaných systémov

ponúknutý model, metóda riadenia a prostriedok na modelovanie a riadenie, ktoré boli v minulosti použité v nájdenom podobnom prípade. Tento spôsob rozhodovania sa uplatní vtedy, keď žiadny model, resp. metóda riadenia nevyhovuje presne požiadavkám používateľa. Pre každý ponúknutý model, resp. metódu je uvedený aj stručný opis prípadu, na základe ktorého bola ponuka urobená, a miera jeho podobnosti používateľovým požiadavkám.

Ponuka podobného hotového príkladu je vhodná hlavne pre e-learning. Na obr. 7 je ukážka nájdených hotových prípadov v kontexte distribuovaných systémov s uvedením miery podobnosti používateľovým požiadavkám.

Simulácia na diaľku a skvalitnenie rozhodovania

Používateľský agent pošle zvolené atribúty agentovi poskytovateľa vybraného produktu [2], na ktorom bude podľa požiadaviek používateľa vytvorený model, prípadne syntéza riadenia a spustená simulácia – pozri architektúru systému na obr. 1. Po skončení simulácie používateľ vyplnením pripraveného formulára vyjadrí svoju spokojnosť, resp. nespokojnosť s ponúknutým produktom, t. j. či ponúknutý produkt a pomocou neho urobená simulácia uspokojivo vyhovovali jeho požiadavkám. Algoritmus učenia [9] na základe toho upraví váhy atribútov, podľa ktorých pracuje CBR.

Porovnanie hodnôt atribútov špecifikovaných používateľom a hodnôt atribútov v použiteľnom príklade z databázy sa vykonáva na základe kontextu a požadovanej podpory. Pred zrušením informácií o konkrétnom používateľskom prístupe (session) je úspešná simulácia (t. j. simulácia, s ktorou bol používateľ spokojný) zaradená do databázy hotových príkladov systému MARABU.

Záver

Podporný systém MARABU predstavuje ďalší krok smerom k inteligentným spôsobom riadenia. Vývoj externých aplikácií a ich sprístupnenie cez web je prínosom k teórii riadenia a jej aplikácii do praxe. Projekt sa riešil za podpory agentúry APVT pod číslom 51 011602.

Literatúra

- [1] FOGEL, J., SEBESTYÉNOVÁ, J.: Modelling and Simulation Tool of Discrete Event Systems, Research Advances in Cybernetics, Editors: V. Britaňák, B. Frankovič, F. Sloboda, ELFA, 2000, ISBN 80-88964-61-X, s. 59 – 78.
- [2] FRANKOVIČ, B. a kol.: MARABU – záverečná správa 2006. Interný dokument pre agentúru APVT.
- [3] FRANKOVIČ, B., BUDINSKÁ, I., SEBESTYÉNOVÁ, J., DANG, T. T., ORAVEC, V.: MARABU – Multiagentový podporný systém pre modelovanie, riadenie a simuláciu dynamických systémov. AT&P journal, 4/2005, ISSN 1335-2237, s. 57 – 59.
- [4] HRÚZ, B., KOZÁK, Š., VESELÝ, V.: Trendy vo výučbe spojitých a diskretných systémov riadenia. Cybernetics and Informatics, New Trends in Education of Automation and Information Technology, September 2004, ISSN: 1336-4774, s. 50 – 62.
- [5] HULKÓ, G., CIBIRI, Š., BELAVÝ, C., HURÁK, I., VÉGH, P.: DPS blockset – set of blocks for modeling and control of distri-

buted parameter systems in Simulink. Proc. 6th Int. Scientific – Technical Conference Process Control 2004, Kouty nad Děsnou, 8. – 11. júna 2004, Česká republika.

[6] KOZÁK, Š.: Toolbox PID – Virtuálna realita. Proc. 6th Int. Scientific – Technical Conference Process Control 2004, Kuty nad Děsnou, 8. – 11. júna 2004, Česká republika.

[7] LIGUŠ, J., LIGUŠOVÁ, J., ZOLOTOVÁ, I.: Remote and Virtual labs in Control Engineering Studies. Proc. 15th EAEEIE Annual Conference on Innovation In Education for Electrical and Information Engineering (EIE), Sofia, Bulharsko, 27. – 29. mája 2004, s. 193 – 196, ISBN 945-9518-22-1.

[8] SEBESTYÉNOVÁ, J.: Usage of Domain Ontology in e-Learning. Proc. 5th Int. Conference Virtual University VU '04,

16. – 17. decembra 2004, Bratislava, ISBN: 80-227-2171-9, s. 272 – 277.

[9] SEBESTYÉNOVÁ, J.: Learning algorithm in decision support system. Proc. 7th Int. Scientific – Technical Conference Process Control 2006, Kouty nad Děsnou, 13. – 16. júna 2006, Česká republika.

Ing. Jolana Sebestyénová

Ústav informatiky SAV

Dúbravská cesta 9

845 07 Bratislava

e-mail: sebestyenova@savba.sk

44