

MARABU

Multiagentový podporný systém pre modelovanie, riadenie a simuláciu dynamických systémov

Baltazár Frankovič
Ivana Budinská
Jolana Sebestyénová
Thanh Tung Dang
Viktor Oravec

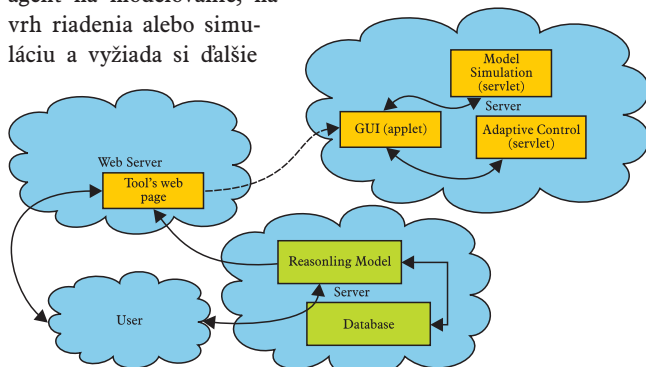
Úvod

Projekt MARABU vznikol s cieľom integrovať vedecký výskum popredných slovenských pracovísk v danej oblasti a vytvoriť systém, ktorý by sprístupnil výsledky týchto vedecko-výskumných aktivít odborníkom v danej oblasti, a to nielen z rezortu školstva a vedy, ale aj z praxe. Prvotným cieľom a výsledkom riešenia projektu bolo vytvoriť vhodný prostriedok na vzdialený prístup k prostriedkom modelovania, riadenia a simulácie distribuovaných dynamických systémov podľa požiadaviek používateľa. Ukazuje sa, že systém MARABU môže byť úspešne použitý aj vo vyučovacom procese a môže sa stať veľmi dobrou pomôckou pre študentov pri vypracúvaní ročníkových a diplomových prác na VŠ so zameraním na automatizáciu, riadenie výrobných procesov a aplikovanú informatiku, a to pri individuálnom aj dištančnom štúdiu.

Systém MARABU je zostavený modulárne a pracuje v dvoch základných režimoch: režim vyhľadávania vhodných metód a prostriedkov na základe požiadaviek používateľa a režim prepojenia vzdialených externých aplikácií, ktorý umožní používateľom interaktívne pracovať s vybranou aplikáciou.

Architektúra MARABU

Systém MARABU je vyvíjaný ako distribuovaný systém, ktorý obsahuje navzájom prepojené bloky na modelovanie, riadenie a simuláciu. V rámci každého bloku je do systému pripojených niekoľko externých aplikácií, ktoré predstavujú samostatné jednotky spravované jednotlivými riešiteľmi projektu. Súčasťou systému je aj rozsiahla databáza metód a prostriedkov na modelovanie, návrh riadenia a simuláciu dynamických systémov. Používateľ sa do systému prihlasuje cez používateľského agenta. Pre každého používateľa sa generuje jeden používateľský agent. Tento agent je súčasťou tzv. generického bloku BG. Ďalšie bloky systému – blok na modelovanie, návrh riadenia a na simuláciu predstavujú súbory softvérových prostriedkov, ktoré sú vzdialene prístupné cez internet. Úlohou generického bloku je ponúknuť používateľovi takú metódu a prostriedok, ktoré najviac zodpovedajú jeho požiadavkám. Požiadavky používateľa sa získavajú pomocou tzv. dotazníka. V ňom používateľ zadá, čo potrebuje v systéme robiť a aké sú charakteristiky jeho systému. Pri zadávaní charakteristík systému sa postupuje od všeobecných charakteristík ku konkrétnym. Na základe vyplneného dotazníka sa aktivuje agent na modelovanie, návrh riadenia alebo simuláciu a vyžiada si ďalšie



Obr.1 Príklad prepojenia modulov v rámci MARABU

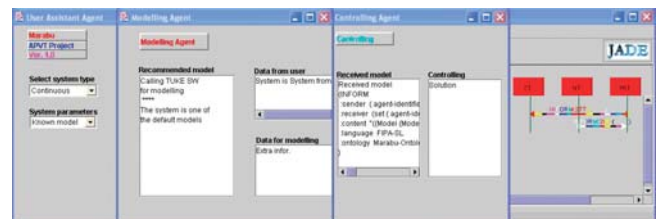
informácie potrebné na vyhľadanie vhodnej metódy alebo prostriedku. V systéme pracuje vždy len jeden agent na modelovanie, jeden na návrh riadenia a jeden na simuláciu.

Na obr. 1 je základná schéma prepojenia jednotlivých modulov v rámci MARABU.

Generický blok

Jadrom systému MARABU je jeho generický blok BG. Ten je tvorený skupinou autonómnych agentov, ktorých úlohou je zabezpečiť inteligentné používateľské rozhranie, sprostredkovať prenos informácií medzi používateľom a vzdialeným serverom, na ktorom je spustená externá aplikácia, a zabezpečiť podporu rozhodovania pri vyhľadávaní vhodnej metódy alebo nástroja na základe používateľských požiadaviek.

Generický blok tvoria agenti na modelovanie, návrh riadenia, simuláciu a používateľský agent. Generický blok je vyvíjaný v jazyku JAVA, ktorý zabezpečuje jeho nezávislosť od platformy. Ako agentová platforma sa používa JADE – Java Agent Development Framework. (<http://jade.tilab.com>). Na obr. 2 je ukážka prototypu multiagentového systému MARABU.



Obr.2 Ukážka prototypu multiagentového systému MARABU

Používateľský agent zabezpečuje získavanie používateľských požiadaviek na systém vo forme tzv. viacúrovňového dotazníka [1], [2]. Dotazník zbiera informácie potrebné na podporu pri rozhodovaní. Na prvej úrovni dotazníka sa zisťujú informácie o samotnom používateľovi, ktoré sú relevantné pri výbere vhodnej metódy a prostriedku. Informácie sa týkajú všeobecnej charakteristiky používateľa (študent, vedecký pracovník, pedagóg, odborník z praxe) a toho, v akej oblasti používateľ pracuje (napr. konkrétna oblasť priemyslu, pre ktorú potrebuje nájsť vhodné riešenie). Ďalšie informácie sa týkajú už samotného procesu, resp. systému. Aj pri charakteristike procesu sa postupuje od najvšeobecnejších informácií k detailnejším. Na najvyššej úrovni sa napríklad zadá, či ide o proces spojitý, diskretný alebo hybridný. Podľa odpovedí na najvyššej úrovni sa otvorí nižšia úroveň dotazníka, ktorá obsahuje upresňujúce informácie týkajúce sa už zadaného procesu a oblasti priemyslu. Týmto spôsobom sa postupuje až po tú úroveň, keď má systém MARABU dostatok informácií na vyhľadanie vhodnej metódy alebo prostriedku pre používateľa. Otázky v dotazníku sú vytvorené v nadväznosti na ontológiu procesov, resp. systémov a na ontológiu metód a prostriedkov na modelovanie, návrh riadenia a simuláciu. Používateľský agent tiež zabezpečí ukladanie určitých informácií vo forme používateľských profilov a preferencií pre prípad opätovného použitia. Do agentov generického bloku sú implementované algoritmy rozhodovania na základe pravidiel a na základe prípadov [3], [5]. Teoreticky je pripravené aj použitie rozhodovania i prípadoch s nekompletnou informáciou [4].



Databáza metód a prostriedkov

Pre tento systém bolo potrebné vypracovať databázu metód a prostriedkov na modelovanie, riadenie a simuláciu. Keďže sa na riešení projektu podieľali štyri pracovníci, ktorých zameranie je síce podobné, ale predsa len sa v jednotlivých konkrétnostiach líši, začala vznikať veľmi rozsiahla databáza, ktorú bolo potrebné usporiadať. Všetky metódy a prostriedky zahrnuté do databázy sú charakterizované atribútmi, ktoré určujú, pre aké systémy a aké požiadavky sú dané metódy a prostriedky vhodné a použiteľné.

Vyhľadávanie vhodných metód a prostriedkov na základe používateľských požiadaviek je umožnené na základe pridelenia atribútov jednotlivým metódam a prostriedkom.

Atribúty sú rozdelené do troch skupín [9], a to:

1. atribúty, ktoré majú zmysluplný význam pre rôzne systémy, teda pre všetky typy systémov možno týmto atribútom priradiť hodnoty; podľa nich potom možno urobiť výber vhodnej metódy;
2. atribúty, ktoré jednotlivé metódy používajú (tieto atribúty charakterizujú konkrétnu metódu a pre iné typy systémov im nemožno priradiť rozumnú hodnotu);
3. atribúty, ktoré podrobne charakterizujú hotové prípady uložené v databáze na CBR (Case Based Reasoning).

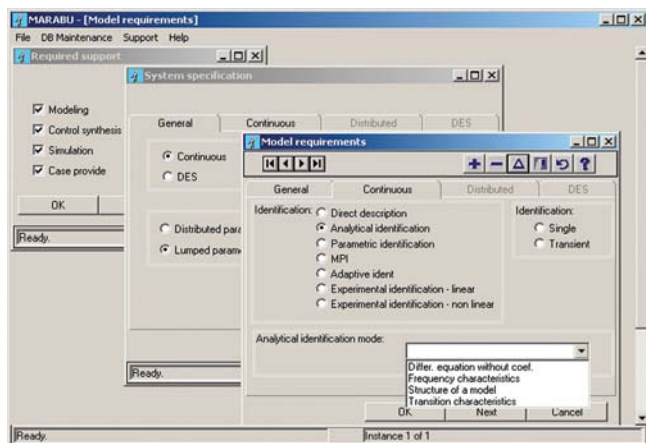
Objektovo orientovaná databáza a formuláre na vkladanie údajov do DB, ako aj na dotazovanie sú realizované vo vývojovom prostredí JADE (<http://www.jadeworld.com/>). Prostriedok JADE je rozvinutou technologickou platformou na vývoj, využívanie a spracovanie rozsiahlych softvérových systémov pracujúcich s objektovými databázami. Poskytuje integrované prostredie na vývoj aplikácií, vlastný jazyk, objektové riadenie a vysokovýkonnú objektovo orientovanú databázu. Na obr. 3 je ukážka grafického používateľského rozhrania 1. verzie podporného systému MARABU. Ponuka v časti DB Maintenance bude umožňovať vkladanie a aktualizáciu metód, prostriedkov a príkladov do databázy.

Ponuka v časti Support umožňuje používateľovi:

- zadať druh požadovanej podpory: modelovanie, syntéza riadenia, simulácia, príp. ukážka hotového riešenia (tento druh podpory je vhodný hlavne na elektronické vzdelávanie – e-learning),
- špecifikovať systém,
- špecifikovať požiadavky na model, príp. na riadenie.

V jednotlivých vrstvách (sheet) sú sústredené všeobecné atribúty a ďalej atribúty charakteristické pre spojité, distribuované, alebo udalostné systémy. Používateľ bude mať vždy prístup iba k tým atribútom, ktoré sú aktuálne na základe predchádzajúcich špecifikácií.

Na základe týchto špecifikácií sa vygeneruje zadanie do databázy a používateľ dostane zoznam metód, ktoré vyhovujú jeho požia-



Obr.3 Ukážka používateľského rozhrania prvej verzie podporného systému MARABU

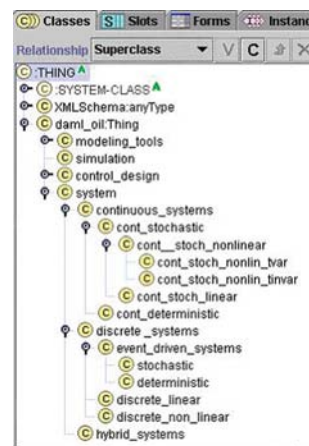
davkám. Ku každej ponúkanej metóde vypíše podporný systém MARABU aj počet vhodných prostriedkov a počet existujúcich hotových príkladov.

Použitie ontológie v systéme MARABU

Systém MARABU je od začiatku budovaný ako znalostný systém. Na spracovanie informácií a získavanie znalostí je vhodné používať okrem databázy aj ontológie. Ontológie sa stali veľmi dôležitým aspektom v mnohých aplikáciách, ktoré poskytujú sémantický rámec na riadenie znalostí. Ontológia vznikne, ak opisu jednotlivých pojmov – tried priradíme ich vlastnosti (sloty) a vzájomné relácie. Týmto spôsobom ontológie reprezentujú hierarchickú štruktúru znalostí o veciach pomocou ich subkategorizácie podľa ich základných charakteristík. Základné pojmy, ktoré treba definovať pre túto oblasť sú: systém, model, riadenie, metóda modelovania, metóda riadenia a počítačové prostriedky, ktoré uľahčujú použitie jednotlivých metód [9]. Ontologický prístup k modelovaniu znalostnej bázy poskytuje množstvo výhod. Ontológia môže byť reprezentovaná pomocou UML, ľubovoľným objektovo orientovaným jazykom, RDF, DAML + OIL, OWL alebo inou formou, ktorá definuje objekty, vlastnosti a ich vzájomné relácie. Ontológia pre systém MARABU je vypracovaná v jazyku OWL – Web Ontology Language. Je to jazyk podporovaný komunitou v oblasti sémantického webu a patrí k najlepším reprezentáciám ontológií.

Na vytvorenie ontológie pre systém MARABU bola potrebná úzka spolupráca s odborníkmi z oblasti riadenia dynamických systémov. Výhodou riešiteľského kolektívu tohto projektu bolo, že sústredil expertov z viacerých oblastí riadenia dynamických systémov, a tak umožnil vytváranie ontológie zahŕňajúcej metódy a prostriedky na modelovanie, riadenie a simuláciu dynamických systémov z viacerých oblastí praktického použitia, napr. výmeníky tepla, systémy s rozloženými parametrami [7], diskkrétne systémy, sieťové riadiace prvky a mnohé ďalšie (publikované napr. v [8], [9]). Tvorba takto široko poňatej ontológie je náročný proces, pretože treba zdefinovať vzájomné prepojenia a súvislosti medzi jednotlivými metódami, prostriedkami a opismi systémov. Niektoré časti sa preto vyvíjali relatívne samostatne, napr. metódy a prostriedky pre systémy s rozloženými parametrami alebo metódy a prostriedky pre sieťové riadiace systémy.

Ontológia pre systém MARABU je modelovaná v prostredí Protege a používa jazyk OWL (Web Ontology Language). Výhodou používania OWL je existencia prostriedkov na usudzovanie, ktoré pracujú nad týmto jazykom. V prvej fáze riešenia sme použili na komunikáciu agentov (agent na modelovanie a agent na syntézu riadenia) jednoduchšiu ontológiu pozostávajúcu iba zo základných pojmov: modelovanie, riadenie, simulácia, ukážka, spojité systém, distribuovaný systém, udalostný systém a názov zvolenej metódy.

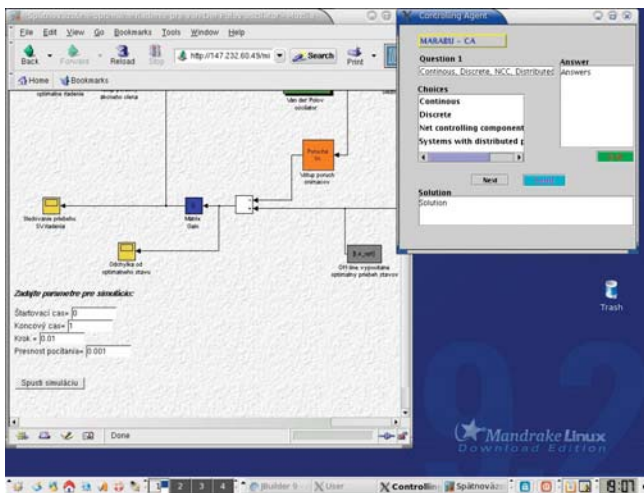


Obr.4 Ukážka ontológie systému MARABU v prostredí Protege

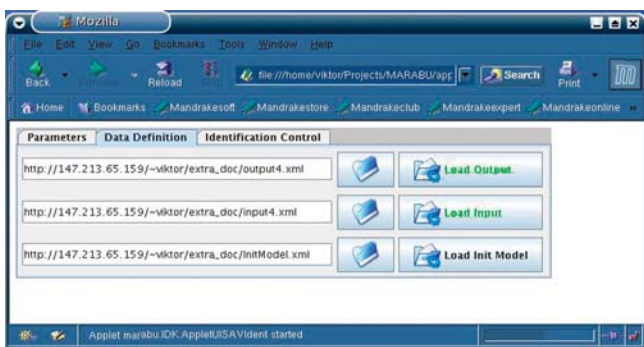
Rozhrania na externé aplikácie

Okrem funkcie vyhľadávania podľa používateľských požiadaviek je dôležitou funkciou generického bloku zabezpečiť rozhranie na spojenie externých aplikácií [6]. Na obr. 4 je schéma možného prepojenia na externé aplikácie, ktorá bola realizovaná v rámci projektu MARABU. Na jednom PC beží externá aplikácia umož-





Obr.5 Ukážka prepojenia externej aplikácie v systéme MARABU



Obr.6 Príklad externého prostriedku na modelovanie, návrh riadenia a simulácie systému výpalných zón – definícia vstupných údajov pre modul identifikácie

ňujúca modelovať, resp. riadiť dynamický systém a na druhom PC je generický blok, ktorý sprístupní externú aplikáciu na webe.

Externé aplikácie integrované do systému MARABU musia spĺňať nasledujúce požiadavky:

- prístup cez internetovú stránku,
- spustiteľné, aj ako samostatné aplikácie,
- implementácia rozhrania,
- výpočtová časť aplikácie spúšťateľná vzdialene (na serveri).

Na obr. 5 a 6 sa nachádzajú ukážky prepojenia generického bloku systému MARABU na externú aplikáciu a príklad externej aplikácie, ktorá je integrovaná v systéme MARABU. Táto aplikácia slúži na modelovanie, návrh riadenia a simuláciu systému výpalných zón.

Na vývoj jednotlivých externých aplikácií sa používajú programovacie jazyky, ako JAVA, C++, HTML a internetovské skriptovacie jazyky. Jednou z možností na prepojenie je aj použitie architektúry CORBA. Na opis a prenos údajov sa používajú XML a XSD jazyky. Aplikácie vyvíjané v prostredí MATLAB sú sprístupnené pomocou Matlab Web Servera. V poslednej etape riešenia projektu treba vyšpecifikovať dátové schémy na výmenu údajov a definovať rozhrania pre jednotlivé skupiny modulov. Pri vývoji modulov sa vždy dbá na maximálnu univerzálnosť externých aplikácií.

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 rieši za podpory agentúry APVT pod číslom 51 011602. Systém MARABU bude pre používateľov z praxe a pre pedagogický proces dostupný od začiatku septembra tohto roku.

Literatúra

- [1] BUDINSKÁ, I., DANG, T. T.: A Case Based Reasoning in Multi-Agent Support System. In: zborník z konferencie The 6th International Scientific – Technical Conference PROCESS CONTROL 2004, 7 strán na CD ROM, Kouty nad Děsnou, Česká republika, 8. – 11. júna 2004.
- [2] BUDINSKÁ, I., FRANKOVIČ, B., KASANICKÝ, T., DANG, T. T.: A Multi-agent Support System for Modelling, Control Design, and Simulation. In: zborník konferencie IFAC Multi-track Conference on Advanced Control Strategies for Social and Economic Systems, 2. – 4. septembra 2004, Vienna University of Technology, Viedeň, Rakúsko, 6 strán na CD ROM.
- [3] DANG, T. T.: Improving plan quality through agent coalitions. In: zborník z konferencie The 2nd IEEE International Conference on Computational Cybernetics, ICC3 2004, Vienna University of Technology, Viedeň, Rakúsko, August 30 – September 1, 2004, Eds: W. Elmenreich et al, 6 strán na CD ROM. ISBN 3-902463- 01-5
- [4] FOGEL, J.: Multi-Agent Strategic decision making in Game with Incomplete Information. In: zborník z konferencie The 6th International Scientific – Technical Conference PROCESS CONTROL 2004, 5 strán na CD ROM, Kouty nad Děsnou, Česká republika, 8. – 11. júna 2004.
- [5] FRANKOVIČ, B., BUDINSKÁ, I., DANG, T. T.: Cooperative Agents for Experience and Knowledge Management. In: zborník z konferencie The 3rd International Conference on Emerging Telecommunications Technologies and Applications ICETA 2004, 16. – 18. septembra 2004, Košice, Slovensko, s. 205 – 211. Eds.: František Jakab et al, vydavateľstvo Elfa, s. r. o., ISBN 80-89066-85-2.
- [6] FRANKOVIČ, B. a kol.: MARABU – ročná správa 2004, interný dokument pre agentúru APVT.
- [7] HULKÓ, G., CIBIRI, Š., BELAVÝ, C., HURÁK, I., VÉGH, P.: DPS blockset – set of blocks for modeling and control of distributed parameter systems in Simulink. In: zborník z konferencie The 6th International Scientific – Technical Conference PROCESS CONTROL 2004, 6 strán na CD ROM, Kouty nad Děsnou, 8. – 11. júna 2004, Česká republika, 2004.
- [8] KOZÁK, Š.: Toolbox PID – Virtuálna realita. In: zborník z konferencie The 6th International Scientific – Technical Conference Process Control 2004, Kouty nad Děsnou, 8. – 11. 6. 2004, R276.
- [9] LIGUŠ, J., LIGUŠOVÁ, J., ZOLOTOVÁ, I.: Remote and Virtual labs in Control Engineering Studies. In: zborník z konferencie 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.
- [10] SEBESTYÉNOVÁ, J.: Usage of Domain Ontology in e-Learning. In: zborník „Proc. 5th International Conference Virtual University VU '04“, 16. – 17. decembra 2004, Bratislava, s. 272 – 277.

Baltazár Frankovič
Ivana Budinská
Jolana Sebestyénová
Thanh Tung Dang
Viktor Oravec

Ústav informatiky SAV
Dúbravská cesta 9
845 07 Bratislava 45
Tel.: 02/59 41 11 94
e-mail: utrfran@savba.sk

24

