

PROGRAMINIŲ AGENTŲ KŪRIMO TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ

Ernestas Stravinskas, Egidijus Paliulis

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas

Įvadas

Šiais laikais, kai labai plačiai naudojamos įvairios kompiuterinės sistemos, nuolat ieškoma efektyvesnių ir pažangesnių būdų, kaip palengvinti vartotojo darbą, taupyti laiką ir geriau išnaudoti turimą programinę ir techninę įrangą. Ieškant naujų būdų minėtoms problemoms spręsti, buvo sukurti programiniai agentai. Įprastos informacinės sistemos negalėjo suteikti vartotojui paprastesnio ir patogesnio būdo valdyti sudėtingas sistemas ir spręsti sudėtingas užduotis, todėl pradėtos kurti informacinės sistemos, į kurias integruojami programiniai agentai. Šios priemonės leido automatizuoti užduočių atlikimą, supaprastino sudėtingos sistemos valdymą ir suteikė sistemai intelektualią savybę. Iš agentų sudarytos sistemos tapo nauja ir perspektyvia programų inžinerijos ir dirbtinio intelekto šaka.

Tyrimo tikslas – atlikti programinių agentų kūrimo technologijų analizę ir nustatyti tinkamiausias priemones programiniams agentams integruoti į informacines sistemas kaip virtualius asistentus.

Uždaviniai: 1. Išnagrinėti programinių agentų tipus, juos palyginti ir nustatyti, kuris tipas būtų tinkamiausias virtualaus asistento kūrimui. 2. Išnagrinėti programinių agentų integravimo priemones ir nustatyti, kuri priemonė būtų tinkamiausia programinio agento, kaip virtualaus asistento, integravimui į informacinę sistemą. 3. Palyginti programinių agentų realizavimo priemones ir nustatyti, kuri agentų programavimo sistema būtų tinkamiausia virtualaus asistento realizavimui.

Programinių agentų samprata

Tvirtai nesusitarta, koks tiksliai turėtų būti programinių agentų apibrėžimas. Šiuo metu dažniausiai pateikiamas toks apibrėžimas: agentas – tai programa, kuri, egzistuojama aplinkoje arba būdama jos dalimi, vykdo paruoštą planą, stebėdama aplinką ir adekvačiai imdamasi priemonių aplinkai keisti realizuoja planą.

1995 m. „AIMA“ (angl. *Artificial Intelligence: a Modern Approach*) pateiktas agento apibrėžimas buvo vartojimas apie 200 universitetų ir kolegijų. Jis suformuluotas taip: „agentu vadiname bet ką, kas savo jutikliais sugeba suvokti aplinką ir veikia aplinkoje darydamas poveikį“. Apibrėžimą suformulavę mokslininkai buvo vieni pirmųjų, dirbantys su dirbtiniu intelektu [1].

Palti Meis (*Paltie Maes*) pasiūlė kitokią agentų apibrėžimą: „agentas yra skaičiavimo sistema, skirta realizuoti apibrėžtai aibeį tikslų, kurias agentas pasiekia egzistuojamas kompleksiškoje, dinamiškoje aplinkoje veikdamas savarankiškai ir gebėdamas jausti save supančią aplinką“. Šis apibrėžimas detalizuoja aplinką: ji yra kompleksiška, dinamiška [2].

Apibrėžimų būta ir daugiau, tačiau galima susidaryti bendrą programinių agentų vaizdą, kad agentai gali įsisavinti informaciją, veikti aplinkoje, sąveikauti su kitais agentais, priklausomai nuo nustatytų tikslų.

Programinių agentų sandara

Agento vidų sudaro architektūra ir programinė įranga [1,3]. Architektūra – tai įrenginys, kuriame veikia programinis agentas. Ji gali būti paprastas kompiuteris ar specializuota techninė įranga su specialiais vaizdo ir garso apdorojimo filtrais. Į atmintį diegiama speciali programinė įranga, pasižyminti dirbtiniu intelektu (angl. *Artificial Intelligence*). Paprasto agento programinę įrangą sudaro signalų apdorojimo iš aplinkos algoritmas, taisyklių duomenų bazė, sąlygų ir veiksmų taisyklių valdiklis (angl. *Condition-Action Rule*) bei algoritmas signalui išsiųsti. Paprasto agento sandaros principu buvo sukurti ir pažangesni modeliai, kurie įvairiais būdais siekdavo jiems nurodyto tikslo ir stebėdavo, kaip keičiasi aplinka, atsimindavo pokyčius. Modernesnio agento pavyzdys – besimokantys (angl. *Learning*) – galėjo ne tik mokytis nežinomose aplinkose, tačiau numatyti, kas įvyks, jei bus priimtas vienas ar kitas sprendimas. Tokie agentai, stebėdami aplinką, ilgainiui gali pradėti numatyti aplinkos pasikeitimo tendencijas. Jų pagalba dažnai buvo daromos orų prognozių sistemos, sugebančios ganėtinai tiksliai numatyti orus savaitei ar net daugiau.

Programinių agentų naudojimo specifika

Reikia paminėti programinių agentų naudojimo ypatybes ir problematiką [4, 5]:

- Sudėtingas ir brangus intelektualiuju agentų realizavimas.
- Mobiliejiems agentams keliaujant po internetą, išskyla grėsmė susidurti su kenkėjiškais programomis, taip užkrečiant ir informacijos gavėją.
- Per daug bendradarbiaujantys ir svarstantys agentai tampa lėti priimdami sprendimus.

Kitų autorių programinių agentų tyrimų apžvalga

Analizuojant programinius agentus, rasta kitų autorių mokslinių darbų, kuriuose pateikiami programinių agentų kūrimo tyrimai ir palyginimai.

Birutė Meilutytė (2007) „*Programinių agentų kūrimo metodika naudojant DBVS priemones*“ [6] apžvelgia programinius agentus, jų kūrimo priemones, portalų kūrimą su integruotais programiniais agentais. Darbe daugiausia dėmesio skiriama DBVS priemonių panaudojimui, kuriant programinius agentus.

Dariaus Dilijono darbe (2011) „*Aptarnavimo sistemų pelningumo tyrimai, realaus laiko sprendimų priėmimui, taikant intelektines sistemas*“ [7] galima rasti programinių agentų kūrimo būdų tyrimus, intelektualių sistemų modeliavimus, programinių agentų klasifikavimą.

Pastebėta, kad dauguma tyrimų vykdyti gana neseniai ir tai rodo šios temos aktualumą. Agentų kūrimo technologijos nuolat keičiasi.

Tyrimo kriterijai

Programinių agentų tipų vertinimo kriterijai:

- Bendravimas su kitais agentais.
- Sparta, reaguojant į pakitimus.
- Gebėjimas mokytis.
- Galimybė rinkti informaciją internete.
- Saugumas.
- Rezultatų patikimumas.
- Tolerantiškumas klaidoms.

Tyrimo duomenys

1 lentelė. *Programinių agentų tipų charakteristikos*

	Bendradarb. agentas [1]	Sąsajos agentas [1]	Mobilus agentas [2]	Informacinis agentas [1]	Reaguoj. agentas [2]	Hibridinis agentas [1]	Intelektualus agentas [1,4]
Bendravimas	Taip	Ne	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Sparta	Lėta	Greita	Lėta	Lėta	Labai greita	Lėta	Lėta
Mokymasis	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Taip
Informacijos rinkimas	Ne	Ne	Taip	Taip	Ne	Taip	Taip
Saugumas	Grėsmės, bendraujant su kitais agentais	Patikimas	Grėsmės dirbant interneto tinkle	Grėsmės dirbant interneto tinkle	Patikimas	Patikimas	Patikimas
Rezultatų patikimumas	Didelis, agentai apsieičia informacija	Didelis, remiasi vartotojo stebėjimo informacija	Didelis, agentai keičiasi informacija	Didelis, agentai apsieičia informacija	Mažas, įvykus nenumatytam veiksmui	Didelis, net ir įvykus nenumatytam veiksmui	Labai didelis, net ir įvykus nenumatytam veiksmui

- Realizavimo sudėtingumas.

Agentų integravimo priemonių vertinimo kriterijai:

- Programavimo kalbų palaikymas.
- Veikimo pusė.
- Reikalavimai lankytojiui.
- Vykdomi bylų formatai.
- Suderinamumas su duomenų bazėmis.
- Papildomi reikalavimai.

Agentų realizavimo priemonių vertinimo kriterijai:

- Kuriamo agento programavimo kalba.
- Standartų palaikymas.
- Licencija.
- Papildomos programinės įrangos reikalavimas.
- Palaikomi bylų formatai.
- Išsaugotų bylų atidarymas su kitomis programomis.
- Papildomi įrankiai.
- Dokumentacija, pavyzdžiai.

Tyrimo ribos

Buvo tiriamos tik pačios populiariausios (labiausiai paplitusios) programinių agentų kūrimo technologijos, agentų integravimo į internetinius puslapius būdai bei pačių programinių agentų tipai. Duomenys tyrimui naudoti 1) pagal paskutines išleistas programinių agentų kūrimo programų versijas, 2) pagal jų gamintojų tinklalapiuose pateiktus duomenis ar dokumentus, 3) rastą literatūrą.

1 lentelės tęsinys

Tolerantiškumas klaidoms	Įvykus klaidai kreipiamasi į kitą agentą	Įvykus klaidai nustoja veikti	Įvykus klaidai kreipiamasi į kitą agentą	Įvykus klaidai dirbama toliau	Įvykus klaidai kreipiamasi į kitą agentą	Įvykus klaidai kreipiamasi į kitą agentą	Įvykus klaidai kreipiamasi į kitą agentą
Realizavimo sudėtingumas	Sudėtingas	Vidutinis	Sudėtingas	Vidutinis	Vidutinis	Sudėtingas	Labai sudėtingas

2 lentelė. *Agentų integravimo priemonių charakteristikos*

	Java applet [8]	CGI [9]	Apache Tomcat [10]	Quercus [11]	PHP/Java Bridge [12]
Programavimo k. palaikymas	Java	Java, Pearl, C++, Visual Basic	Java	Java	Java
Veikimo pusė	Kliento pusėje	Serverio pusėje	Serverio pusėje	Serverio pusėje	Serverio pusėje
Reikalavimai lankytojui	Java Runtime Environment įskiepis	Nėra	Nėra	Nėra	Nėra
Vykdomi bylų formatai	.jar	.cgi	.war (.jar), .jsp	.war (.jar)	.war (.jar)
Suderinamumas su duomenų bazėmis	Suderinama su populiariausiomis duomenų bazėmis	Suderinama su populiariausiomis duomenų bazėmis	Suderinama su populiariausiomis duomenų bazėmis	Suderinama su populiariausiomis duomenų bazėmis	Nesuderinama su kai kuriomis MySQL versijomis
Papildomi reikalavimai	Nėra	Rašant programas, reikia atsižvelgti į CGI reikalavimus	Nėra	Resin serveris, rašant PHP kodą reikia atsižvelgti į Quercus reikalavimus	Servisas, pvz., Apache Tomcats

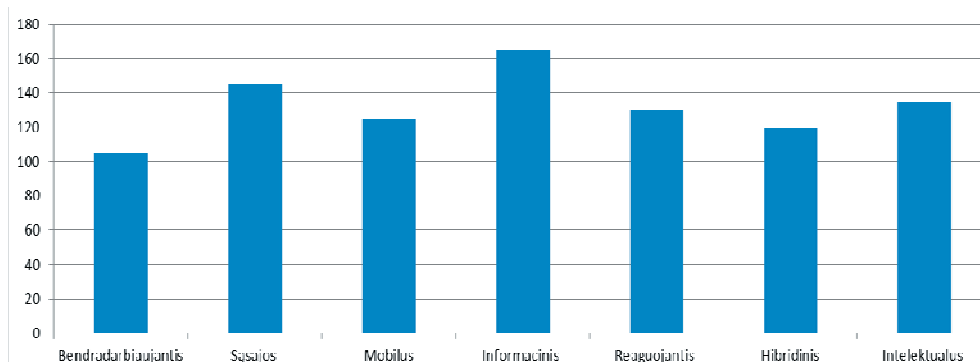
3 lentelė. *Agentų realizavimo priemonių charakteristikos*

	Jason [13]	3APL [14]	GOAL [15]	Weka [16]	Jadex [17]	Jack [18]
Įrankio programavimo k.	Java	Java	Java	Java	Java	Java
Kuriamo agento programavimo k.	AgentSpeak	3APL	GOAL	Java	XML, Java	Java
Standartų palaikymas	KQML	FIPA	Nėra	Nėra	FIPA	FIPA
Licenzija	LGPL	LGPL	LGPL	GPL	LGPL	Komercinė
Papildomos programinės įrangos reikalavimai	Java Development Kit	Java Runtime Environment	Java Runtime Environment	Nereikalinga	Interpretatorius, Java Runtime Environment	Java Development Kit
Palaikomi bylų formatai	.mas2j, .java, .asl	.3apl	.mas2g, .goal	.arff	.java, .jar, .xml, .jsp	.java, .jar, .prj, .jsp
Išsaugotų bylų atidarymas su kitomis programomis	Formatas *.mas2j nepalaikomas kitų programų	Formatai nepalaikomi kitų programų	Formatai nepalaikomi kitų programų	Formatai nepalaikomi kitų programų	Formatai palaikomi daugelio programų	Formatas *.prj nepalaikomas kitų programų
Papildomi įrankiai	JEdit, Mind inspector	Nėra	Nėra	WekaExperimenter	Expression Compiler, Web-bridge Solution	WebBot, JACK Eclipse Plug-in
Dokumentacija, pavyzdžiai	Taip, yra	Taip, riboti	Taip, yra	Riboti, yra	Taip, yra	Taip, yra

Tyrimo rezultatai

Diagramoje (1 pav.) pateiktas programinių agentų tipų palyginimas. Iš tyrime analizuojamų septynių tipų galima išskirti *informacinį* ir *sąsajos* agentus, kurie labiausiai atitiktų elektroninės parduotuvės virtualaus asistento reikalavimus. Kuriant asistentą, geriausia būtų panaudoti abiejų agentų sa-

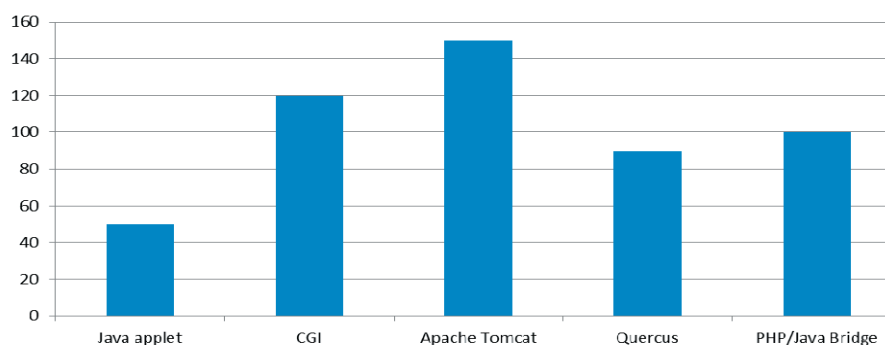
vybes. Tokiu būdu agentas ne tik surinks reikiamą informaciją, ją susistemins, analizuos, bet kartu galės bendrauti su svetainės lankytojais. Taip pat galima pastebėti *intelektualųjį* agentą, tačiau šiuo atveju jis bus per daug sudėtingas, o jo realizavimas užtruktų per ilgai.



1 pav. Programinių agentų tipų palyginimas

Sudėjus visus charakteristikų taškus ir sudarius diagramą (2 pav.), galima išskirti „*Apache Tomcat*“ priemonę. Šis įrankis labiausiai atitiktų virtualaus asistento reikalavimus, be to, nereikalauja sudėtingos serverio konfigūracijos ir nevargina lankytojo, prašydamas įdiegti papildomų įskiepių. O svarbiausia savybė – tai veikimo pusė serveryje, pa-

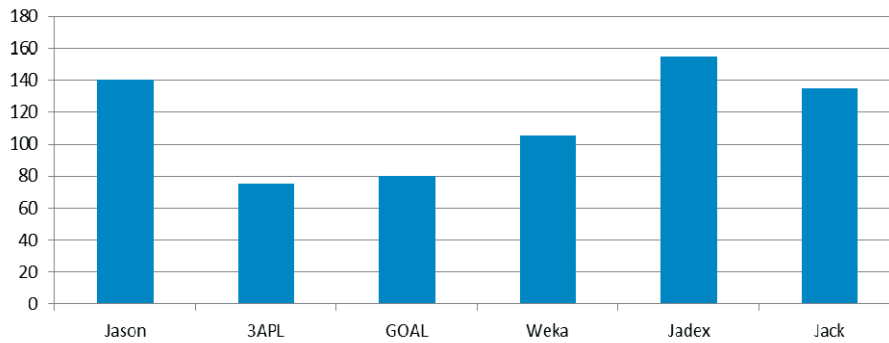
vyzdžiui, „*Java Applet*“ veikia tik kliento pusėje, jis automatiškai nebegali būti virtualus asistentas. Būtina pastebėti, kad CGI („*Common Gateway Interface*“) nedaug nusileidžia lyderiui, jis palaiko daugiausia programavimo kalbų, tačiau svetainės ir agento kodą reikia koreguoti, kad jie veiktų kartu.



2 pav. Agentų integravimo priemonių palyginimas

Sudarius diagramą (3 pav.), galima išskirti „*Jadex*“ agentų kūrimo priemonę. Šis įrankis labiausiai atitiktų virtualaus asistento reikalavimus, nes palaiko pagrindinius formatus, reikiamus integravimui į internetinę svetainę. „*Jadex*“ irgi palaiko „*FIPA*“ agentų bendravimo standartus. Iš priemonių galima išskirti ir „*Jack*“, kuri daugiausia turi gerų savybių,

tačiau didelis trūkumas – ši priemonė yra komercinė. „*Jason*“ taip pat nedaug nusileidžia „*Jadex*“, tačiau vienas didžiausių jos trūkumų yra agentų formatai, kurie palaikomi tik pačios programos. Todėl šiuos agentus integruoti į internetines svetaines būtų žymiai sudėtingiau.



3 pav. Agentų realizavimo priemonių palyginimas

Išvados

1. Analizuojant literatūrą, rasta agentų tipų ir jų kūrimo technologijų palyginimų, tačiau dauguma jų neatitiko visų šiame darbe išskeltų uždavinių. Kai kurie tyrimai atlikti šiek tiek seniau.
2. Išskirti trys tinkamiausi agentų tipai virtualaus asistento kūrimui: *informacinis agentas*; *sąsajos agentas*; *intelektualus agentas*.
3. Išskirtos trys priemonės tinkamiausios virtualaus asistento integravimui į informacinę sistemą: *Apache Tomcat*; *Common Gateway Interface*; *Php/Java Bridge*.
4. Išskirtos trys priemonės, tinkamiausios virtualaus asistento realizavimui: *Jadex*; *Jason*; *Jack*.
5. Šiame darbe nebuvo ištirtos visos programinių agentų realizavimo priemonės. Todėl ateityje būtų galima dažniau atlikti panašius tyrimus, nes nuolatos pasiūloma naujų idėjų ir priemonių.

Literatūra

1. Russell S. J., Norvig P., 1995, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.
2. Maes P., 1995, *Artificial Life Meets Entertainment: Life like Autonomous Agents*. Communications of the ACM.
3. Bundy A., 2003, *Coping with a Changing World: Structure of Intelligent Agents and Environments*.
4. Sundsted T. An introduction to agents [interaktyvus, žiūrėta 2012-01-29]. Prieiga internete: <<http://www.javaworld.com/javaworld/jw-06-1998/jw-06-howto.html>>.
5. Davidsson P., Wernstedt F., 2000, *Software Agents for Intelligent Monitoring and Control*.
6. Meilutytė B., 2007, *Programinių agentų kūrimo meto-*

dika naudojant DBVS priemones.

7. Dilijonas D., 2011, *Aptarnavimo sistemų pelningumo tyrimai, realaus laiko sprendimų priėmimui, taikant intelektines sistemas*.
8. Java applets [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-21]. Prieiga per internetą: <<http://java.sun.com/applets/>>.
9. CGI Made Really Easy [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-23]. Prieiga internete: <<http://www.jmarshall.com/easy/cgi/>>.
10. Li S., 2005, *Tomcat for beginning Web developers*.
11. Quercus: Php in java [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-22]. Prieiga internete: <<http://www.caucho.com/resin-3.1/doc/quercus.xtp>>.
12. What is the PHP/Java Bridge? [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-20]. Prieiga per internetą <<http://php-java-bridge.sourceforge.net/pjb>>.
13. Description J. [interaktyvus, žiūrėta 2012-01-29]. Prieiga internete: <<http://jason.sourceforge.net/Jason/Description.html>>.
14. Kwisthout J., 2005, *Modelling Uncertainty in 3APL. Open Universiteit Masteropleiding Technical Informatics*.
15. The GOAL Agent Programming Language [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-23]. Prieiga internete: <<http://mmi.tudelft.nl/trac/goal>>.
16. Abernethy M. Data mining with WEKA [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-24]. Prieiga internete: <<http://www.ibm.com/developerworks/opensource/library/os-weka1/index.html>>.
17. Braubach L., Lamersdorf W., Pokahr A., 2003, *Jadex: Implementing a BDI-Infrastructure for JADE Agents*.
18. Jamali S. Experiencing Jack (Agent development Environment). [interaktyvus, žiūrėta 2012-03-24]. Prieiga internete: <<http://www.codeproject.com/Articles/13644/Experiencing-Jack-Agent-development-Environment>>.

ANALYSIS OF THE SOFTWARE AGENTS' DEVELOPMENT TECHNOLOGY

Ernestas Stravinskas, Egidijus Paliulis

Summary

Software agents give a possibility to automate tasks, simplifying the management of complex systems and provided intelligent features to the system. Systems with software agents become a new and promising branch of software engineering and artificial intelligence. The aim of this work is to investigate the software agents' development technologies and integration tools according to various criteria and to identify the most suitable tools for integration of software agents like virtual assistants to the information systems.

Key words: software agents, integration of agents' techniques, agent development technologies, virtual assistant.

PROGRAMINIŲ AGENTŲ KŪRIMO TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ

Ernestas Stravinskas, Egidijus Paliulis

Santrauka

Programiniai agentai leidžia automatizuoti užduočių atlikimą, supaprastina sudėtingos sistemos valdymą ir suteikia sistemai intelektualią savybę. Iš agentų sudarytos sistemos tapo nauja ir perspektyvia programų inžinerijos ir dirbtinio intelekto šaka.

Šio darbo tikslas – atlikti programinių agentų kūrimo technologijų analizę ir nustatyti tinkamiausias priemones programiniams agentams integruoti į informacines sistemas kaip virtualius asistentus.

Prasminiai žodžiai: programiniai agentai, agentų integravimo būdai, agentų realizavimo technologijos, virtualus asistentas.

Įteikta 2012-10-24