

AGENTNO USMERJEN RAZVOJ INFORMACIJSKIH SISTEMOV IN VEČAGENTNI SISTEMI

Dejan Lavbič, Rok Rupnik, Aljaž Zrnec, Damjan Vavpotič, Marjan Krisper
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana
{Dejan.Lavbic, Rok.Rupnik, Aljaz.Zrnec, Damjan.Vavpotic, Marjan.Krisper}@fri.uni-lj.si

Povzetek

Večagentni sistemi predstavljajo alternativni način razvoja informacijskih sistemov in so s svojo prilagodljivostjo, enostavnejšim obvladovanjem kompleksnosti in robustnostjo predvsem primerni za dinamična okolja, v katerih prevladujejo porazdeljeni podatki in je potrebno povezovanje z obstoječimi sistemi. V uvodu na kratko predstavimo agente in večagentne sisteme ter poglede v katerih agenti razširjajo spletne storitve. V nadaljevanju omenimo standardni model večagentne platforme in komunikacijo med agenti ter končamo s težavami pri razvoju večagentnih sistemov.

Abstract

AGENT-ORIENTED DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS AND MULTI-AGENT SYSTEMS

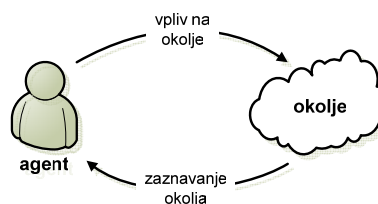
Multi-agent systems are very adaptable, robust and with complexity easy to maintain are one of the alternatives for developing information systems and especially appropriate for dynamic environments with distributed data and where demands for connecting legacy systems exist. In the first part of the paper we present agents and multi-agent systems and different ways of how agents extend web services. In the second part we mention standard model of multi-agent platform and communication among agents and finally we present some problems we face at developing multi-agent systems.

1 UVOD

Razmišljanje o agentno usmerjenem pristopu k razvoju informacijskih sistemov začnimo z določitvijo osnovnih konceptov agentno usmerjenega razvoja: agenti, vzajemno sodelovanje in organizacija večagentnega sistema.

1.1 Agenti

Ker se agenti uporabljajo na številnih področjih, trenutno ne obstaja univerzalna definicija pojma agent. Obstaja splošno prepričanje, da je **avtonomija** ključna lastnost agenta, medtem ko ostale lastnosti niso tako enoumno določene, saj so na različnih področjih uporabe pomembne različne lastnosti. Eno splošnejših definicij agenta je podal M. Wooldridge [1], ki pravi: »Agent je računalniški sistem, ki je nameščen v okolje in je sposoben avtonomnih akcij v tem okolju z namenom, da doseže načrtovane cilje.«



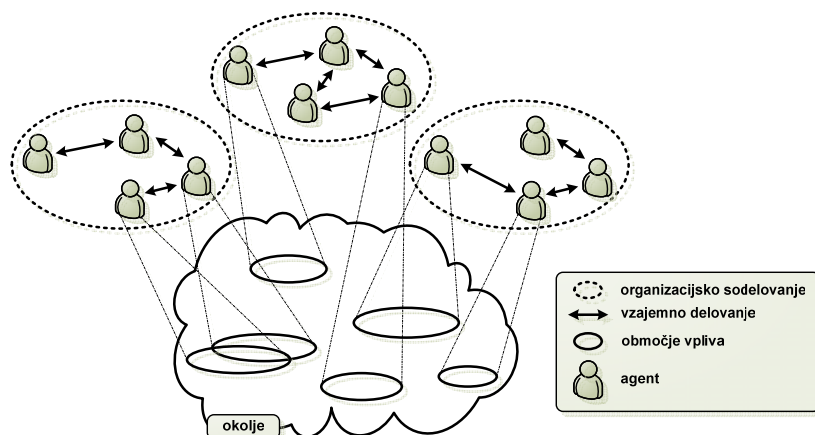
Slika 1: Agent v svojem okolju

Pojem agenta lahko tako predstavimo kot avtonomno entiteto, ki se razumno odloča med proaktivnim¹ in reaktivnim delovanjem, kjer veljajo naslednje trditve:

- Agenti se nahajajo v okolju, kjer glavno vlogo predstavljata **vplivanje** in **zaznavanje** (glej Slika 1), saj sta del vmesnika med agentom in njegovim okoljem.
- Agenti se obnašajo **proaktivno**, kjer je osrednji pojem **cilj**.
- Agenti so tudi **reaktivni**. Za takšno delovanje je pomembno prepoznavanje pomembnih **dogodkov**, ko do njih pride, tako da lahko na njih ustrezno in pravočasno reagiramo.
- Agenti se ponavadi nahajajo v hitro spreminjajočih se okoljih, kjer imajo omejen pogled na okolje. Zato sta pomembna pojma **načrt** in **prepričanje**.

1.2 Večagentni sistemi

Slika 2 prikazuje značilno zgradbo večagentnega sistema z množico agentov, ki s pomočjo komunikacije vzajemno sodelujejo. Agenti se na okolje odzivajo in v njem tudi delujejo, pri tem pa imajo v okolju različna območja vpliva. Ta območja lahko v nekaterih primerih tudi sovpadajo, kar pripelje do povečane odvisnosti med agenti (npr. dva agenta lahko oba izvedeta določeno dejanje, vendar ne sočasno). Agenti so med seboj povezani z različnimi razmerji; pogosto uporabljano je npr. razmerje moči, s katerim eden od agentov postane ostalim nadrejen.



Slika 2: Struktura večagentnih sistemov

Večagentni sistemi so zelo uspešni pri podpiranju porazdeljenih procesov za obvladovanje znanja. Agenti za pridobivanje znanja so eni najbolj uspešnih programskih rešitev agentov, še posebej v okolju svetovnega spleta [2], kjer poznamo specializirane agente za zbiranje informacij, ki dostopajo do različnih porazdeljenih informacijskih virov glede na lastnosti in zanimanja uporabnika. Po drugi strani je prav tako pomemben prenos znanja od akterja, ki je znanje ustvaril, do mesta, kjer je to znanje potrebno, kar zopet predstavlja eno od opravil, primernih za podprtje z večagentnimi sistemi.

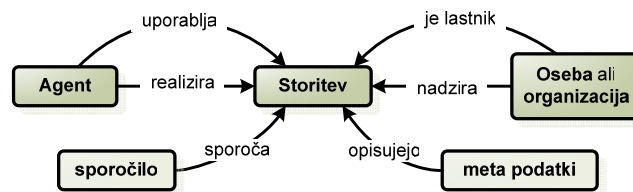
Napredek v raziskovanju večagentnih sistemov kot alternativnemu načinu razvoja porazdeljenih sistemov prinaša lažjo in hitrejšo komunikacijo človeka z računalnikom. Agenti so se pokazali kot zelo uporabna orodja pri usklajevanju in načrtovanju v okolju, kjer imamo

¹ ciljno usmerjeno

več akterjev, kateri morajo opravljati določena opravila. Za upravljanje izmenjave množice sporočil med agenti se uporabljajo posebni komunikacijski protokoli, ki jih bomo podrobneje predstavili v poglavju 4.1.

2 AGENTI IN SPLETNE STORITVE

Spletne storitve temeljijo na opisnem jeziku XML, delujejo skozi požarne zidove, podpirajo jih vse večje programske hiše, so ključna komponenta Microsoft .NET pobude itd. Prav tako so eden od osrednjih elementov semantičnega spleta, v kar se počasi razvija svetovni splet. Semantični splet pa je po drugi strani tudi zelo prijazno okolje za agente, kar nam prinaša nove zmožnosti in funkcionalnosti.



Slika 3: Storitveno usmerjen model

V storitveno usmerjenem modelu (glej Slika 3) je storitev abstraktna množica funkcionalnosti, ki jo mora implementirati konkreten agent [4], po drugi strani pa agent druge storitve prav tako tudi uporablja.

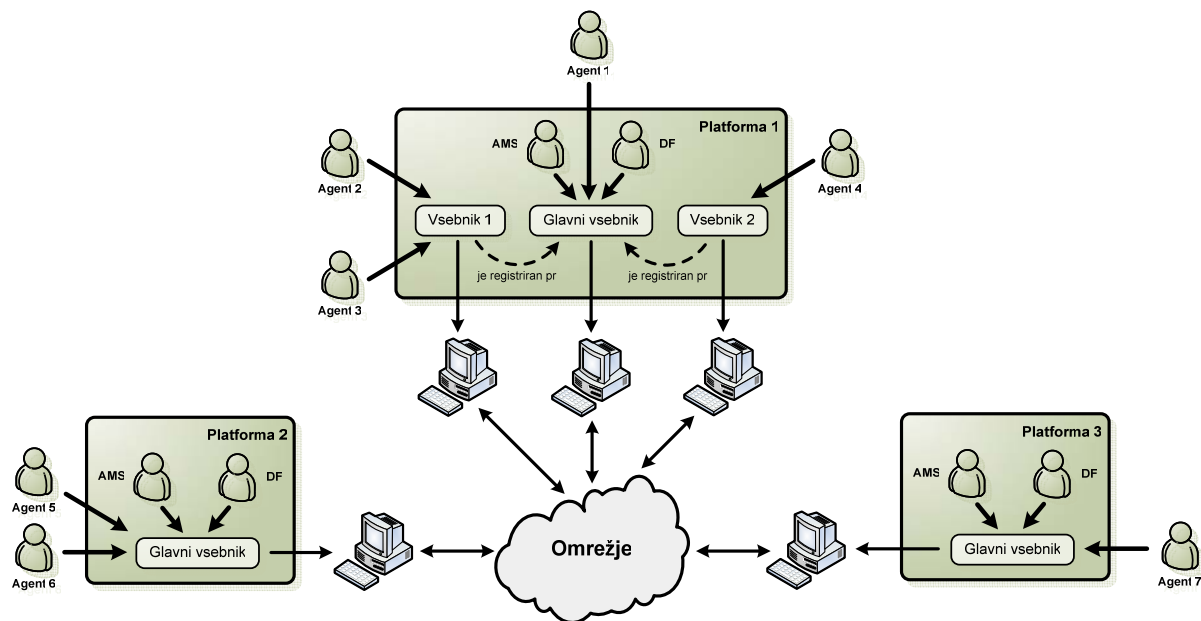
Agentno usmerjene tehnologije imajo veliko podobnosti s spletnimi storitvami, vendar kljub podobnostim agenti razširjajo pojem spletnih storitev v številnih pogledih:

- Spletna storitev se ne »zaveda« **svojih uporabnikov** oz. odjemalcev. Agenti na drugi strani skozi učenje in gradnjo modelov spoznajo svoje okolje in ostale agente, ob medsebojnem sodelovanju pa prav tako tudi njihove sposobnosti.
- Spletne storitve, v nasprotju z agenti, niso načrtovane za uporabo **ontologij**. Če odjemalec uporablja drugačno ontologijo kot spletna storitev, je odgovor odjemalcu nerazumljiv.
- Agenti že po naravi veliko komunicirajo z okoljem, medtem ko so spletne storitve pasivne vse dokler jih nekdo ne pokliče. Agente lahko tako uporabimo za **obveščanje**, takoj ko informacija postane dosegljiva (kontekstna odvisnost).
- Spletna storitev ni avtonomna, medtem ko je **avtonomnost** lastnost agenta in predstavlja zmožnost kontroliranja svojih lastnih dejanj, kar v večagentnem okolju ne pomeni samo sprejemanje neposrednih ukazov od uporabnika, ampak tudi opravljanje opravil brez posredovanja uporabnika ali ostalih agentov.
- Agenti so v večagentnem okolju nagnjeni k **sodelovanju**, kjer s tvorjenjem skupin omogočajo boljše in bolj napredne storitve.

3 ARHITEKTURA VEČAGENTNIH SISTEMOV

Pri razvoju večagentnih sistemih potrebujemo izvajalno okolje, kjer se agenti nahajajo in v svojem življenjskem ciklu tudi izvajajo. Povezovalna plast, ki olajšuje razvoj večagentnih sistemov predstavlja aktivno izvajalno okolje.

Slika 4 prikazuje standardni model večagentne platforme, kot ga priporoča FIPA² specifikacija. Primerek izvajalnega okolja za agente se imenuje **vsebnik**, medtem ko **platforma** predstavlja množico aktivnih vsebnikov. Vsaka platforma ima vsaj en vsebnik, ki se imenuje **glavni vsebnik**, ob zagonu pa sta v njem prisotna agenta AMS³ in DF⁴.



Slika 4: Arhitektura večagentne platforme

Sistem za upravljanje z agenti (AMS) je agent, ki izvaja kontrolo nad dostopom in uporabo platforme agentov. Za določeno platformo je zato smiselno, da se v njej nahaja le en sistem za upravljanje z agenti. Osnovni nalogi sistema za upravljanje z agenti sta vzdrževanja seznama enoličnih poimenovanj agentov (storitev belih strani) in upravljanje prehodov med stanji, kreiranje in odstranjevanje agentov (storitev življenjskega cikla). Če se želi agent priključiti platformi, se mora registrirati pri sistemu za upravljanje z agenti, ki mu dodeli enolično ime, pod katerim je predstavljen ostalim sodelujočim agentom.

Imeniška storitev rumenih strani je realizirana s pomočjo DF agenta, ki omogoča ostalim agentom objavo svojih storitev v globalnem katalogu. S storitvijo rumenih strani lahko agenti vzajemno sodelujejo preprosto z izmenjavo ACL sporočil ustreznega jezika in pripadajoče ontologije. Agenti, ki potrebujejo določeno storitev, enostavno povprašajo imeniško storitev rumenih strani, če se v večagentnem sistemu nahaja funkcionalnost, ki jo potrebujejo in v primeru da obstaja, lahko to storitev tudi začnejo uporabljati.

² Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) [5] je začela s svojim delom leta 1995 z razvojem standardov za agentne sisteme. Osrednji rezultat njihovih raziskav je bil ACL, ki so ga razvili leta 1999.

³ Agent Management System [5]

⁴ Directory Facilitator [5]

4 KOMUNIKACIJA MED AGENTI

V splošnem agenti ne morejo prisiliti drugih agentov v izvedbo nekega dejanja, niti ne morejo spremeniti notranjega stanja drugih agentov. To ne pomeni, da agenti ne morejo komunicirati med seboj, ampak lahko le poskušajo vplivati na delovanje drugih agentov.

Če dva agenta medsebojno komunicirata o določeni problemski domeni, je potrebno določiti terminologijo, ki to domeno opisuje. Pri večagentnih sistemih se zato uporabljajo ontologije, ki predstavljajo formalne opise izrazov na določenem področju in povezave med njimi.

4.1 Jeziki za komuniciranje med agenti

Jeziki za komuniciranje med agenti (ACL⁵) so natančno določeni protokoli za komunikacijo med agenti in večagentnimi sistemi ter vključuje sintaktične in semantične definicije. Najbolj pogosto uporabljana jezika, ki sta tudi najbližje sprejetju v standard sta **KQML** in **FIPA-ACL**. KQML je oblika sporočila kot tudi protokol za obvladovanje sporočil. Sestavljen je iz 3 plasti: plast vsebine, plast sporočila in komunikacijske plasti. Plast vsebine predstavlja sporočilo, medtem ko komunikacijska plast skrbi za nastavitev ustreznih prenosnih parametrov. Plast sporočila sestavljajo meta podatki, ki opisujejo vsebino in jezik. FIPA-ACL format je zelo podoben KQML-u. ACL sporočila uporabljajo množico parametrov, kjer prvi predstavljajo komunikacijsko dejanje sporočila, ostali pa služijo kot pomoč pri dostavi sporočila, interpretaciji vsebine in prejemniku omogočajo vzajemno sodelovanje.

Pri asinhronem pošiljanju sporočil, ki je v večagentnih sistemih pogosto v uporabi, ima vsak agent svojo vrsto sporočil, kamor izvajalno okolje agentov posreduje sporočila, ki so jih drugi agenti naslovili nanj. Ob posredovanju sporočila v vrsto sporočil se ob tem obvesti agenta, da se lahko ta nanj odzove. Glede na to, na kakšen način agent deluje, le ta prevzame sporočilo iz vrste in ga obdela.

5 TEŽAVE PRI RAZVOJU VEČAGENTNIH SISTEMOV

V zadnjih letih so večagentni sistemi postali zelo pomembni pri novih generacijah internetnih sistemov in uporabi tehnologij, kot so spletne storitve, semantični splet, GRID sistemi in elektronsko poslovanje.

Združenje AgentLink⁶ je izvedlo raziskavo [7], kjer so se dotaknili problema **kako se raziskovalci spopadajo z izzivi razvoja agentnih sistemov** in so k sodelovanju pritegnili svoje člane iz različnih držav (Avstralija, Španija, Nemčija, Japonska, Švica, Velika Britanija, Avstrija, Madžarska, Nizozemska, Italija, Češka in Francija). Med anketiranci je bilo 63% akademikov, 23% podjetji in 13% raziskovalnih ustanov.

Raziskava se je osredotočila na probleme, s katerimi se raziskovalci soočajo na področju razvoja večagentnih sistemov, kjer jih je zanimalo: kje se tehnološke rešitve izdelujejo in kje potrebujejo; področja, kjer je agentna tehnologija dobro razvita in kje so slabosti; orodja za ponovno uporabo (licenciranje, podpora, zrelost, ...); sorodne tehnologije, zahteve za razvoj in testiranje večjih sistemov. Na koncu so prišli do zaključkov, da se pri uporabi agentnih

⁵ Agent Communication Language

⁶ AgentLink je evropsko združenje pod sponzorstvom Information Society Technology (IST), ki usklajuje raziskovanje in razvoj na področju agentno usmerjenih informacijskih sistemov v imenu Evropske komisije.

tehnologij pojavljajo predvsem dve oviri: **pomanjkanje CASE orodij** (in združljivost le teh s trenutnimi CASE orodji) in **splošno sprejetje avtonomnih računalniških sistemov**. Zanimivo je tudi dejstvo, da je delež orodij za razvoj agentov, ki jih organizacije razvijejo same, zelo visok (40% - 50%), prav tako pa je proračun za orodja drugih proizvajalcev zelo nizek oz. ga skoraj ni. Obstoječi uporabniki in odprtokodnih rešitev sta pomembnejša faktorja pri odločitvi in izbiri orodij za razvoj, zato je **problem zrelosti** prav gotovo nezanemarljiv. Integrirana razvojna okolja, orodja za razhroščevanje in analizo pa so področja, kjer uporabniki najbolj pričakujejo ponovno uporabo orodij drugih proizvajalcev.

6 ZAKLJUČEK

Pred uporabo agentno usmerjenega pristopa pri razvoju informacijskih sistemov se moramo vprašati, kdaj je razvoj večagentnih sistemov primeren. Na to odločitev vplivajo številni dejavniki, ki govorijo v prid uporabe agentno usmerjenega pristopa:

- **Okolje**, v katerem se bo informacijski sistem nahajal, je **dinamično**, negotovo ali kompleksno, saj je v takem okolju avtonomnost zelo pomembna.
- Agenti so »**naravna**« **rešitev** problema. Veliko okolij je naravno modeliranih kot združba agentov, ki med seboj sodelujejo, rešujejo zapletene probleme ali med seboj tekmujejo.
- **Porazdeljeni podatki, nadzor in strokovno znanje**. V pogojih, kjer je uporaba porazdeljene rešitve nujna, je zelo primerno modeliranje v obliki večagentnih sistemov, saj lahko celoto sestavimo iz večih avtonomnih komponent.
- **Obstoječi sistemi**. V številnih okoljih še vedno obstajajo starejši sistemi, kjer lahko agente uporabimo kot ovojnice za dostop do obstoječih sistemov in omogočimo povezovanje z ostalimi sistemi.

Narava agentno usmerjenega razvoja je dekompozicijo problema v številne, avtonomne komponente, ki lahko delujejo in medsebojno sodelujejo na prilagodljiv način pri doseganju množice ciljev. Ključni pojmi pri abstrakciji modela agentno usmerjenega razvoja so tako agenti, vzajemno sodelovanje in organizacija (glej Slika 2).

7 VIRI IN LITERATURA

- [1] WOOLDRIDGE, Michael: An Introduction to MultiAgent Systems, John Wiley & Sons Ltd, 2002
- [2] MOHAMMADIAN, Masoud: Intelligent Agents for Data Mining and Information Retrieval, Idea Group Publishing, 2004
- [3] HUHNS, Michael N.: Agents as Web Services, IEEE Internet Computing, 2002, št. julij/avgust, str. 93 - 95
- [4] BOOTH, David, HAAS, Hugo, MCCABE, Francis: Web Services Architecture, <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>, W3C, 2004
- [5] The Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA), <http://www.fipa.org/>, 2004
- [6] AgentLink, European Co-ordination action for Agent-Based Computing, <http://www.agentlink.org>, 2004
- [7] WILLMOTT, Steven, RANA, Omer, KREMPELS, Karl-Heinz, MCBURNEY, Peter, WEICHART, Georg: Networked Agents: Towards Large-scale Deployment of Agents in Open Networked Environment (NET AGENTS), AgentLink News, 2004, št. 16, str. 22 - 23