

Agentově orientované programování

Martin Fúsek

VŠB-TU Ostrava, katedra měřicí a řídicí techniky, tř. 17. listopadu, Ostrava, Česká Republika

Abstract

This paper proposes a new programming paradigm called *agent-oriented programming* (AOP), which can be viewed as a specialization of *object-oriented programming* (OOP). The state of an agent consists of components such as beliefs, decisions, capabilities and obligations; for this reason the state of an agent is called its *mental state*. The mental state of agents is described formally. AOP introduces operators for obligations, decisions and capability. Agents are controlled by *agent programs*, which include primitives for communicating with other agents. In the spirit of *speech-act theory*, each communication primitive is of certain type: informing, requesting, offering and so on. This paper presents the concept of AOP in relationship to OOP and discusses the concept of mental state and its formal underpinning.

1. ÚVOD

Referát předkládá nový programátorský přístup. Tento přístup podporuje společenský aspekt zpracování, ve kterém na sebe vzájemně působí více „agentů“, ačkoliv referát je zaměřen pouze na strukturu jednotlivého agenta. Mnoho pojmů a myšlenek se zde prolíná a vzájemně ovlivňuje myšlenky jiné.

1.1 Pojem Agent

Pojem „agent“ je v dnešních dnech často používán a to jak v souvislosti s umělou inteligencí (AI), tak mimo ni, například ve spojitosti s databázemi a průmyslovou výrobou. Přestože je stále více populární, tento termín bývá používán v mnoha různých souvislostech a bohužel neexistuje jediná sjednocující definice a tedy použití pojmu „agent“ bez přesného poukazu na použití je bezvýznamné. Nicméně existuje několik široce akceptovaných představ které charakterizují systémy založené na agentech.

Některé představy jsou v první řadě intuitivní, jiné značně formální. Některé jsou velmi strohé a definují agenta v automaticko-teoretických pojmech a jiné používají naopak velmi květnatý slovník. Původní význam slova, „někdo zastupující někoho pro něco“ byl výstižný, ale v oblasti AI nepoužívaný (s výjimkou, která přichází na mysl je použití tohoto slova ve společenství inteligentních rozhraní, kde hovoříme o „softwarových agentech“ uskutečňujících uživatelská přání; toto je také význam teorie agentů v ekonomice). Velmi často když lidé pracující s AI užijí pojem „agent“ poukazují na objekt, který pracuje nepřetržitě a nezávisle na prostředí ve kterém se nacházejí další procesy a existují další agenti. Tato vlastnost je asi jediná jednotně přijata těmi, kteří užívají tento pojem. Nezávislost znamená, že aktivita agenta nevyžaduje stálý lidský dozor nebo zásahy. Častá další domněnka je vytvořena o prostředí, například, že je fyzicky a částečně nepředvídatelné.

Jedna ze základních představ agenta je následující [1]:

Agent je objekt, jež má pojem o čase a jehož stav je posuzován jako sestava mentálních komponentů jako například domněnka (belief), schopnost (capabilities), volba (choice) a závazek (commitment). Jednotlivé složky mentálního stavu jsou definovány v přesném smyslu a v hrubých rysech korespondují s jejich obecnými protějšky.

Elementární vlastnosti agentů

- Vytrvalost (persistence) - agent udržuje konzistentní mentální stav v čase, který není náhodně měněn.
- Autonomnost (autonomy) - agent je řízen výlučně jeho mentálním stavem a chováním, nevyžaduje žádné vnější zásahy.
- Schopnost reakce (reactivity) - agent vnímá a reaguje na změny v jeho prostředí (okolí).
- Schopnost komunikace (ability to communicate) - agenti jsou schopni vyměňovat informace s jinými entitami (agenti, lidé, objekty, vlastní prostředí).
- Iniciativa (initiative) - agent sleduje přímý cíl a jedná přizpůsobeně okolnostem, jednání mění podle potřeby, a využívá výhod daného stavu a ne pouze jednoduše reaguje na své okolí.
- Pohyblivost (mobility) - agent může mít schopnost pohybovat se z jednoho místa na druhé, přičemž zachová nezměněný mentální stav.
- Usuzování (reasoning) - agent může být schopen vyvozovat závěry opírající se o současné znalosti a zkušenosti - v racionální a reprodukovatelné podobě.
- Schopnost plánovat (ability to plan) - agent může slučovat a vybírat mezi různými možnostmi akcí určených k úspěšnému dosažení cíle
- Učení a Přizpůsobení (learning and adaptation) - agent může být schopen hromadit znalosti založené na minulých zkušenostech a v důsledku modifikovat své chování v závislosti na nové situaci

1.2 AOP versus OOP

Pro návrh agentů byl vytvořen nový programátorský přístup nazývaný *agentově-orientované programování* (AOP). Název není náhodný, poněvadž z inženýrského hlediska AOP může být chápáno jako specializace přístupů *objektově-orientovaného programování* (OOP).

Objekty v OOP reprezentují protějšek skutečného světa. Objekty jsou intuitivně mapovány na problémový prostor a výpočetní model, jsou charakterizovány stavem a definovanou funkcí. Působí na sebe zasiláním zpráv a jejich vnitřní struktura je skrytá.

Tedy zatímco OOP předkládá pohled na výpočetní systém tvořeného moduly, které jsou schopny komunikovat jeden s druhým a které mají individuální způsoby manipulace s přichozími zprávami AOP specializuje tuto strukturu fixací stavu (nyní nazývaného *mentální stav*) modulů (nyní nazývaných *agenty*) sestávajících z komponent jako domněnky (obsahující domněnky o světě, sobě samém a o ostatních agentech), schopnosti a rozhodnutí (decisions) přičemž každý z nich používá přesně definovanou syntaxi. Různá omezení vztahující se k vnitřním stavu agentů zhruba korespondují s omezeními v jejich obecném významovém protějšku. Výpočetní proces sestává z informování (informing), požadavků (requesting), nabídek (offering), akceptování

(accepting), odmítnutí (rejecting), ucházení se (competing) a vzájemného podporování (assisting) agentů. Toto pojetí je přeneseno přesně z *speech-act* teorie [2, 3, 4]. *Speech-act* teorie třídí jazyk, vytváří rozdíl mezi informováním, poptávkou, nabídkou, atd.; každý takový typ komunikačního úkonu má za následek vznik různých předpokladů (domněnek) a v důsledku má různé následky.

AOP ve své podstatě kombinuje objekty se základy teorie agentů. Na rozdíl od objektů, mají agenti definovaný cíl a svou činnost směřují na jeho splnění. Metody objektů jsou jednoduše procedury vytvořené programátorem jednajícími na základě zpráv a jsou obvykle statické. Agent, na druhé straně umí pracovat s plány a zacházet se skutečnostmi programátorem nepředvídanými a je schopen se učit ze zkušeností (bude-li agentem pes může takový agent odhalit, že naléhavým štěkotem si zajistí mnohem rychlejší nakrmení) [5].

V tomto pojetí je agent nedeterministický automat, který užívá antropomorfní znaky jako domněnky, schopnosti, závazek, rozpoložení (emotions) atp.. Někteří agenti mohou napodobovat „skutečné“ lidi. Určíme-li stejné podmínky a stejný cíl, objekt vždy vytvoří stejný výsledek, agent, na druhé straně, může vyprodukovat rozdílný výsledek v závislosti na svém současném emocionálním stavu, domněnkách a tak dále. Agent se také může učit a přizpůsobovat novým situacím na rozdíl od objektu, který se může přizpůsobení pouze přiblížit (v závislosti na předvídavosti programátora).

Tabulka 1. shrnuje základní vztahy mezi AOP a OOP

Tab. 1. Základní vztahy AOP a OOP

	OOP	AOP
Základní jednotka	objekt	agent
Základní principy	zapouzdření, dědičnost, polymorfismus	cíleně orientované provedení, seskupení agentů, transparentní objektové řízení
Definované charakteristiky stavu základní jednotky	neomezené	domněnka, závazek, schopnost, volba,...
Způsob zpracování	průchod zpráv a metody odpovědí	průchod zpráv a metody odpovědí
Typy zpráv	neomezené	informování, požadavek, nabídka, slib, odmítnutí,...
Omezení v metodách	žádné	přímost (honesty), soudružnost (consistency)

Základní principy OOP jsou:

- zapouzdření (encapsulation) - skrytí datových struktur použitých v implementaci objektového modelu,
- dědičnost (inheritance) - znovuužití kódu pro objekty mající podobnou implementaci,
- polymorfismus (polymorphism) - dynamické vazby objektových metod na přicházející zprávy.

Základní principy AOP jsou:

- cíleně orientované provedení,

- seskupení agentů,
- transparentní objektové řízení (transparent object management).

2. AOP STRUKTURA

Kompletní AOP systém obsahuje tři primární složky:

- Omezený formální jazyk se zřetelnou syntaxí a sémantikou pro popis mentálního stavu, mentální stav bude definován jednoznačně několika způsoby jako například domněnkou a závazkem,
- interpretačním programovacím jazykem ve kterém definujeme a programujeme agenty se základními příkazy jako například REQUEST a INFORM; od sémantiky programovacího jazyka budeme vyžadovat přesný sémantický popis mentálního stavu,
- „agentifikaci“ konvertující neutrální zařízení (prostředky) na programovatelné agenty

2.1 Mentální kategorie a jejich vyjádření

Prvním krokem je definice různých komponent mentálního stavu a jejich vlastností. Neexistuje jedinečný „správný“ výběr mentálních kategorií a také neexistuje přesný teoretický základ ohledně jejich výběru, jelikož rozdílné aplikace mohou vyžadovat určité mentální vlastnosti. V této části bude naznačeno na co by mohlo být pohlíženo jako na základní kostru teorie mentálního stavu, jádro které může být modifikováno a rozšiřováno.

2.2 Komponenty mentálního stavu

Ve vztahu k předešlému výzkumu v oblasti AI [6], byly zkoumány tři kategorie: domněnka, přání (desire) a záměr (intention).

Podkladem je zde formální pohled na svět který tvoří základ výběru. V libovolném časovém okamžiku je budoucnost určena dvěma faktory: prošlou historií a současnou činností agenta. Například sama uplynulá minulost (v tomto pohledu) neurčuje zdali zvednu paži, ve skutečnosti je to určeno tím, že vykonám vhodnou akci. Činnost agenta je tedy určena jeho *rozhodnutím* nebo *volbou*. Jinak řečeno, některé skutečnosti jsou pravdivé z přirozených příčin, a jiné jsou pravdivé, protože agent se rozhodl je takové udělat. Rozhodnutí jsou logicky vynucené, přesto ne přesně určené agentovými domněnkami; tyto domněnky poukazují na stav světa (v minulosti, současnosti nebo budoucnosti), na mentální stav ostatních agentů a na *schopnostech* sebe sama i ostatních agentů. Například, dejme tomu že se robot domnívá že není schopen projít skrz úzký vchod a proto se nerozhodne přes něj projít. Rozhodnutí jsou také podmíněny předchozími rozhodnutími; robot se nemůže rozhodnout že bude v pokoji číslo 5 za pět minut, jestliže se již rozhodl být v pokoji 3 ve stejném čase. Tento pohled motivuje zavedení dvou základních mentálních kategorií *domněnky* a *rozhodnutí* (nebo *volby*) a třetí kategorie, která není mentální konstrukcí *schopnosti*. Toto jsou kategorie, které přijmu za vlastní s jedinou modifikací: raději než vzít volbu jako základní, začnu s představou *povinnosti* (obligation) nebo *závazku* a budu zacházet s rozhodnutím jednoduše jako s povinností vůči sobě samému.

Přes omezení komponentů mentálního stavu v tomto tvaru, mám neformální smysl nepřipouštět vyjádření motivace (motivation). Samozřejmě nebudu předpokládat že agenti jsou „rozumní“, na druhou stranu předpokládám, že jejich domněnky, povinnosti a schopnosti jsou vnitřně a vzájemně konzistentní.

2.1.1 Jazyk pro domněnku, povinnost a schopnost

Čas (time)

Je základem mentálních kategorií: věříme něčemu jak v určitou dobu tak po určité době a to platí i pro další kategorie. Přijmeme za vlastní jednoduchý časově ohraničený jazyk k vyjádření časových vazeb: typický zápis bude:

$\text{holding}(\text{robot}, \text{cup})^t$

znamající, že robot drží cup v čase t

Akce (action)

Akce se uskutečňují v různých časových bodech a v závislosti na okolnostech jsou uskutečňovány v čase a mají jistý následek. Nicméně pro účel tohoto referátu nebudeme rozlišovat mezi akcí a událostí (fact) a výskyt akce bude prezentován odpovídající událostí. Například, přesněji řečeno, raději než říci, že robot vykonal akci raise-arm v čase t , řekneme že výrok (událost) $\text{raise-arm}(\text{robot})^t$ je pravdivý.

Domněnka (belief)

Rozšíříme jazyk o modální operátor B , označující domněnku (belief). Jak bylo uvedeno dříve můžeme věřit něčemu jak v určitou dobu tak po určitou dobu. Obecný tvar tvrzení domněnky je:

$B_a^t \varphi$

kde a je agent, t časový termín a φ je (rekurzivně definovaný) výrok. Například: $B_a^3 B_b^{10} \text{like}(a,b)^7$ znamená, že v čase 3 agent a věří (domnívá se) že v čase 10 agent b agent b bude věřit (domnívat se) že v čase 7 a odpovídal b .

Povinnost (obligation)

Dalším formálním operátorem je OBL vyjadřující povinnost. Operátor OBL má o jeden argument více než operátor B :

$\text{OBL}_{a,b}^t \varphi$

znamající že v čase t agent a má povinnost (nebo je zavázán) vůči agentovi b v (čem) φ .

Rozhodnutí (decision), volba (choice)

Nezávislost volby mezi více možnými akcemi je základním pilířem teorie agentů. V předchozím výkladu bylo rozhodnutí, nebo volba brána jako základní komponent. Ovšem současná definice povinnosti poskytuje druhou množnost: rozhodnutí může být jednoduše chápáno jako povinnost, nebo závazek k sobě samému.

$\text{DEC}_a^t \varphi =_{\text{def}} \text{OBL}_{a,a}^t \varphi$

Pojem „volba“ může být chápán různě, zde je však brán ve významu rozhodnutí: agent má vybráno něco jestliže se rozhodl že toto něco je pravdivé. Takto, mnoho z nás se může rozhodnout vlastnit nový pár bot, ale málo kdo z nás se může rozhodnout vlastnit jachtu.

Schopnost (capability)

Důležitým pojmem v teorii agentů je také je také schopnost (capability). Mohu se rozhodnout zvednout ruku, ale jestliže na to nemám schopnost, potom ji nemohu zvednout. Nemohu se rozhodnout udělat nic o čem se domnívám že toho nejsem schopen. Podobně nebudu žádat dva roky starého ani nepohyblivého robota aby vyšplhal po žebříku, jelikož se nedomnívám že je toho schopen.

Je diskutabilní zda je schopnost nejlépe definovaná v mentálním měřítku nebo ne. Například, jedna definice by mohla říkat, že agent a je schopen udělat ϕ pouze v případě že platí následující podmínka: jestliže a rozhodnul ϕ , pak ϕ byla pravda. Existují také rozumné filozofické argumenty proti této definici. Zde jednoduše zavedeme notaci:

$$CAN_a^t \phi$$

pro popis skutečnosti že v čase t a je schopen ϕ . Pamatujme že stejně jako jiné komponenty se i schopnost vztahuje na určitý čas: typický výraz je:

$$CAN_{robot}^5 open(door)^8$$

tedy v čase 5 by robot mohl být schopen zajistit aby se dveře otevřely v čase 8, ale v čase 6 by už pravděpodobně nemusel tuto schopnost mít. Můžeme definovat ABLE jako okamžitou verzi CAN. Nejprve pro nějaký výrok ϕ definujeme $time(\phi)$ jako nejkratější čas pro výskyt, např. $time(open(door)^t) = time(B_a^t \phi) = t$. Nyní definujeme ABLE jako:

$$ABLE_a \phi =_{def} CAN_a^{time(\phi)} \phi$$

a tedy

$$ABLE_{robot} Open(door)^5 \equiv CAN_{robot}^5 open(door)^5$$

ZÁVĚR

AOP návrh usiluje o rozvoj nového programovacího vzoru, který zužitkovává výhody vlastností vnitřního stavu strojů k čemuž využívá myšlenky z speech-act teorie a opírá se o počítačové podání sociálních pravidel.

AOP je programovací přístup ve kterém počítačovní agenti musí předstírat formální verzi mentálních stavů - stavy které řídí agentovy akce které jsou ovlivněny zprávami které přijal AOP poskytuje nový přístup k programování distribuovaných systémů, zdůrazňuje explicitní představu o čase, domněnkách a závazcích včetně komunikačních příkazů v pojetí speech-act teorie.

LITERATURA

- [1] Shoham, Y.: Agent-Oriented Programming, Artificial Intelligence 60, strana 51-92, 1993
- [2] Austin, J. L.: How to Do Things with Words, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1975
- [3] Grice, P.: Studies in the Ways of Words, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1989
- [4] Searle, J. R.: Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1969
- [5] Belgrave, M.: The Unified Agent Architecture: A White Paper, http://www.ee.mcgill.ca/~belmarc/uaa_paper.html, 1995
- [6] Proceedings 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence. Tech. Rept., ACT-AI-355-90, MCC Austin, TX, 1990