

Warszawa, 27 lutego 2016

prof. dr hab. inż. Mieczysław A. Kłopotek
profesor zwyczajny
Instytut Podstaw Informatyki
Polskiej Akademii Nauk
w Warszawie

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Waldemara Bartyny
pt. "Współdziałanie w otwartym heterogenicznym systemie wielorobotowym
w oparciu o paradygmat SOA"

1. Przedmiot pracy

Przedłożona rozprawa ma w pewnym sensie charakter interdyscyplinary: porusza zagadnienia na styku świata abstrakcji matematycznej oraz materialnej rzeczywistości. Z jednej strony mamy tu do czynienia z zagadnieniami z dziedziny systemów rozproszonych, planistyki, systemów otwartych opartych o paradygmat usług, dla których poziom techniczny narzędzi informatycznych jest na tyle zaawansowany, iż projektanci takich systemach mogą niejako pracować na bytach abstrakcyjnych, ignorując w dużym stopniu awaryjność sprzętową, wręcz dowodząc i wyprowadzając własności z systemów aksjomatycznych, a z drugiej strony praca dotyczy robotyki, i to w obszarze robotów mobilnych, dla których wykonanie ich zadań napotyka nie tylko trudności techniczne mechanicznej realizacji sprzętu, ale także nieprzewidywalne zdarzenia związane np. z działaniem ludzkim.

Współczesne systemy wielorobotowe, jak słusznie podkreśla Autor, są na razie systemami w wielu wymiarach zamkniętymi, m.in. z uwagi na z góry zdefiniowane środowisko ich działania (linia produkcyjna w wypadku robotów na linii przemysłowej czy boisko w wypadku meczu robotów), daleko idąca jednolitość możliwości technicznych (choć na linii produkcyjnej można zauważyć nawet wysoką heterogeniczność) jak i z góry określone spełniane w nich zadania. Niewątpliwym wyzwaniem jest odejście od powyższych ograniczeń, a więc właśnie współdziałanie w systemie otwartym (z możliwością łatwego dodania kolejnego robota bądź jego usunięcia), heterogenicznym pod względem możliwości

technicznych komponentów oraz otwartym zestawem zadań, które można dla robotów definiować. W tezie pracy Autor dodatkowo dookreśla, iż współdziałające urządzenia winna cechować inteligencja.

Badania naukowe prezentowane w przedmiotowej rozprawie stanowią fragment kilku większych zespołowych projektów badawczych, do których odwołuje się w tekście i z konieczności prezentuje swą pracę w szerszym kontekście Autor, wyraźnie jednak oddzielając wyniki własnych prac oraz badań innych członków zespołu. Rozprawa skupia się na architekturze systemu wielorobotowego SO-MRS (rozdział 3), języku opisu ontologii środowiska, w którym działa system (rozdział 4.2.-4.4), oraz wewnątrzsystemowe protokoły komunikacyjne (rozdział 5), które decydują o poziomie otwartości systemu wielorobotowego, które stanowią osiągnięcie mgr. Bartyny, przedstawiane w celu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych. Praca ma charakter konceptualno-eksperymentalny i propozycje rozwiązań Autora zostały zaimplementowane i były testowane w różnych wymiarach w środowisku rzeczywistym (rozdział 6) jak i symulacyjnym (rozdział 7).

Autor stawia i wykazuje słuszność tezy, iż „Automatyzacja wykonywania zadań (poprzez współdziałanie) w otwartych systemach rozproszonych składających się z heterogenicznych, inteligentnych, kognitywnych urządzeń, jest możliwa poprzez zastosowanie odpowiedniej abstrakcyjnej architektury systemu opartej na paradygmacie SOA oraz konstrukcję uniwersalnych protokołów komunikacyjnych opartych na odpowiedniej reprezentacji środowiska (ontologii), i uniwersalnego języku do jej opisu”.

2. Układ i zawartość pracy

Praca liczy 169 stron, w tym spis literatury obejmujący 70 pozycji, w tym 9 autorstwa lub współautorstwa Kandydata. Autor podzielił pracę na osiem rozdziałów: wstęp, opis stanu dziedziny systemów wielorobotowych, architektura, reprezentacja środowiska i język jej opisu, protokoły komunikacyjne, eksperymenty w środowisku rzeczywistym, badania w środowisku symulacyjnym i podsumowanie.

3. Uwagi

Rozdział 2 rozprawy jest poświęcony przeglądowi literatury, potencjalnie związanej z tematyką pracy. Duża oryginalność konceptualna rozprawy powoduje, iż trudno jest znaleźć

w literaturze rozwiązanie równorzędne czy podobne. Trochę jednak zaskakuje tu, iż w przeglądzie Autor poświęcił repozytorium wiedzy jednego z omawianych systemów relatywnie więcej miejsca niż repozytorium (w kolejnych rozdziałach) w zaproponowanej przez siebie architekturze. Zasadniczo o jego funkcjonalności dowiadujemy się jedynie pośrednio, przy okazji interakcji z innymi modułami (np. na str. 98), a warto byłoby poświęcić trochę miejsca omówieniu jego idei, np. odróżnianiu obiektów, które mogą być przedmiotem zadań transportu, od obiektów stałych, procedurom aktualizacji map obiektów w wyniku wykonywania zadań przez roboty itp.

Rozdział 2 pokazuje, iż zagadnienie współpracy otwartej grupy wielu robotów obecnie jest problemem nierozwiązanym z uwagi na nieadekwatność stosowanych narzędzi do opisu środowiska jak i zadań do realizacji. Języki takie jak OWL-S są z jednej strony zbyt bogate, aby użytkownik mógł za ich pomocą formułować swe potrzeby, z drugiej brak jest w nich ekspresji stanów, których zmiana jest esencją działania systemów robotowych, w tym wielorobotowych.

Dość krótki rozdział 3 przedstawia architekturę systemu wielorobotowego SO-MRS, opracowaną przez Autora. Jej istota polega na rozdzieleniu funkcjonalności między menadżera zadań, agenta zadaniowego, repozytorium, rejestr usług oraz same usługi. W ten sposób następuje odseparowanie zamkniętych w sobie zadań abstrakcyjnego i fizycznego wykonywania zleceń od samych obiektów realizujących kroki zlecenia oraz wspólnej wszystkim reprezentacji środowiska.

Rozdział 4 prezentuje język wykorzystywany do opisu środowiska działania systemu wielorobotowego. Choć jest to język dość abstrakcyjny, definiowany w tym rozdziale raczej od strony syntaktycznej, to jednak prawdą jest, iż jego konstrukty de facto muszą być zanurzone w bardzo konkretną semantykę (zgrubne umiejscowienie w przestrzeni trójwymiarowej), co ewidentnie widać w rozdziale 7, gdzie mapa obiektów jest wykorzystywana w wizualizacji systemu symulacyjnego. W przedstawionym języku brakuje mi konstrukcji do aktualizacji tej reprezentacji, która to aktualizacja jest konieczna w dynamicznym systemie, w którym niektóre obiekty, takie jak roboty czy przenoszone przedmioty, zmieniają swą pozycję w semi-drzewie mapy (liście mogą być sklejone). Nie jest też jasne, na ile ta mapa jest aktualizowana przez usługi np. w trakcie przewożenia obiektu przez kilka pomieszczeń (zmiana pozycji robota jak i przenoszonego przedmiotu). Mankamentem języka jest jego "gadatliwość" - nawet abstrahując od znanych wad XML - uwidoczniła na rysunku 4.3. Adres usługi jest tam zasadniczo wpisany czterokrotnie i zawsze jest to ten sam adres. Dopiero dalsza lektura rozdziału pozwala się domyśleć

przyczyn tego stanu rzeczy - mianowicie gadatliwość sprzyja ułatwieniu przetwarzania skomplikowanych formuł powstających przy rozwiązywaniu problemów kompozycji usług. Autor winien był jednak jawnie zaznaczyć powody wspomnianej nadmiarowości w wyrażeniach. Byłoby też dobrze, gdyby jasno opisano algorytm korzystający z tej nadmiarowej reprezentacji.

Rozdział 5 opisuje protokoły komunikacyjne komponentów system, prezentując zarazem zarys sposobu działania samych komponentów. Generalnie mamy tu do czynienia z projektem opartym o usługodawców rejestrujących i wyrejestrowujących usługi rejestru usług, z którego korzysta usługobiorca, w tym wypadku menadżer zadań. Jest jednak tu pewna cecha wyróżniająca proponowaną architekturę w stosunku do innych propozycji tego typu. Jest nią zakres przestrzenny oferowanych usług. W systemach usług internetowych tego typu doprecyzowanie nie jest formułowane, ani nie jest konieczne. W tym wypadku efektywna reprezentacja informacji przestrzennej jest kluczowa dla sprawnego korzystania z ofert usług. Ta potrzeba jest odzwierciedlona w rozsądny, łatwo dostępny dla przetwarzania, sposób w protokołach komunikacyjnych. Co więcej, choć formalnie język komunikacji jest otwarty, to w praktyce - znowu z uwagi na ograniczoną ilość czynności, jakie mogą oferować roboty - język ten jest dość ograniczony, co pozwala, w przeciwieństwie do OWL, na uproszczone i efektywne przetwarzanie formuł protokołu komunikacji przez menadżera czy agentów, czyniąc realistycznym stworzenie agentów czy menadżerów przyciętych na specjalistyczne przetwarzania, bez potrzeby zdolności do wnioskowania w logice predykatów pierwszego rzędu.

Rozdziały 6 i 7 poświęcone są eksperymentom - odpowiednio w środowisku rzeczywistym i symulowanym - których zadaniem jest wykazanie słuszności tezy pracy poprzez pozytywne wykazanie sprawności stworzonego systemu.

Jak wspomniałem już we wstępnej recenzji, dużym wyzwaniem jest wykazanie, iż proponowana przez Autora metoda pozwala na działanie w środowisku otwartym i heterogenicznym. Ponieważ dowód matematyczny nie wchodzi tu w rachubę, konieczne są odpowiednie eksperymenty. Badania opisane w rozdziale 6 dotyczą współdziałania jedynie dwóch robotów i to o takiej samej konstrukcji / funkcjonalności. Zasadniczo zaprezentowano tylko jedną usługę (jeden jej typ, transport). Mankamentem eksperymentów z rozdziału 6 jest brak eksperymentu dodawania / usuwania usług, uzupełniania otoczenia, dodawania / usuwania menadżera zadań (z innym typem usług niż transportowe). Pragnę zwrócić uwagę, że na str. 98 Autor jawnie mówi, iż Agentowi można zlecić zadanie wyszukania obiektu. Ale w eksperymencie nic nie mówi się o rejestracji takiej usługi. Środowisko eksperymentu jest

nadzwyczaj proste – istnieje zasadniczo tylko jedna trasa, po której może nastąpić wykonanie czynności transportowej oraz w grę wchodzi tylko złożenie wszystkich dostępnych usług. Nie jest opisany także prototypowy algorytm planowania transportu w sposób ścisły, co nie pozwala ocenić stopnia ogólności proponowanego rozwiązania.

Natomiast podkreślenia godnym jest dopracowanie obsługi sytuacji wyjątkowych, związanych ze środowiskiem rzeczywistym, w którym mogą zawieść abstrakcyjne założenia i zadanie stanie się niewykonalne lub wykonalne w sposób alternatywny.

Eksperymenty w środowisku symulowanym są zdecydowanie bogatsze. Roboty są zdecydowanie bardziej zróżnicowane funkcjonalnie (roboty transportowe, sprzątające, inne urządzenia jak np. windy), przestrzeń, w której działają, jest dość złożona, a eksperymenty są bardziej zróżnicowane. Należy podkreślić fakt, iż mgr Bartyna jest jednym z głównych autorów systemu symulatora.

Pierwszy z eksperymentów dotyczy zadania transportowego wykonywanego przez jednego robota, ale na skutek awarii poprzez pośrednictwo Menadżera zadań staje się ono zadaniem współdziałania poprzez użycie robota alternatywnego. Ewentualnie dodane jest dodatkowe zadanie wyszukiwania. Drugi eksperyment to przykład zaplanowanego współdziałania robota i windy, przy czym współdziałanie ma charakter bezpośredni. Trzeci demonstruje współdziałanie dwóch robotów o różnym zakresie usług (transport i sprzątanie). We wszystkich eksperymentach rolę odgrywa zdolność systemu do planowania i wykonywania alternatywnych rozwiązań oraz kontroli ich realizacji mechanizmami głównie time-out oraz zgłoszeń niepowodzeń.

4. Uwagi redakcyjne

W pracy występują nieliczne błędy typograficzne:

str. 72 : różną -> różna

str. 76: brak przecinka między "o tym", a "jakie"

str. 77: przez niej akcji -> przez nią akcji

str. 77: pokój -> obiekt

str. 77: Ad 3 - Tu Autor nie doprecyzuje, iż zasięg usługi trzeba definiować jako listę węzłów drzewa, a nie jako jeden węzeł, gdyż przy systemach wielorobotowych niemożliwa stałaby się reprezentacja drzewiasta środowiska, (por. druga kropka na str. 79 versus rys.4.3, gdzie wyraźnie pisze się o jednym obiekcie)

str. 77: Rysunek 4.2 jest chyba mylący z powodu niekonsekwencji Autora w postrzeganiu kierunku strzałek, co prowadzi do nieporozumień, co należy rozumieć przez "wyżej" i "niżej" w tym drzewie. (por. np. trzecia kropka na str. 79)

str. 78: Pytanie do Autora: Czy nie jest możliwe kontrolowanie / korekta map środowiska w trakcie lub po jej edycji, a przed użyciem przez roboty?

str. 94: dr -> dr.

5. Konkluzja

Podsumowując Autor wykazał, że skonstruowane przez niego systemy programistyczne, działające w środowisku symulacyjnym jak i rzeczywistym, realizujące proponowaną przezeń architekturę SO-MRS, w szczególności z wykorzystaniem proponowanych przez Autora języka komunikacji i protokołów komunikacji, są w stanie organizować i sterować realizacją zadań przez otwarty zespół wielu robotów i innych urządzeń inteligentnych w otwartym środowisku, opisanym reprezentacją zrozumiałą zarówno przez człowieka jak i maszyny, w oparciu o paradygmat kompozycji usług.

Podniesione uwagi dotyczą raczej sposobu prezentacji wyników niż samego osiągnięcia, które ma charakter solidny i jest przedstawione w sposób przekonujący.

Wobec wykazania słuszności stawianej w pracy tezy, mimo wspomnianych niedociągnięć, stwierdzam, że **przedłożona praca spełnia wymogi formalne i zwyczajowe stawiane pracom doktorskim i wobec tego wnoszę o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów przewodu.**