

Prof. dr hab. inż. Henryk Krawczyk, prof. zw. PG
Katedra Architektury Systemów Komputerowych
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska

Recenzja rozprawy doktorskiej

pt. "Sterowanie w programach równoległych oparte na spójnych stanach aplikacji".
Autor mgr inż. Janusz Borkowski; Polsko - Japońska Wyższa Szkoła Technik
Komputerowych w Warszawie

Tematyka rozprawy związana jest z przetwarzaniem równoległym aplikacji użytkowych, a ściślej z opracowaniem wydajnych metod synchronizacji i sterowania procesem przetwarzania. W tym celu zakłada się wykorzystanie predykatów globalnych (wyróżnionych zmiennych) opisujących bieżący stan aplikacji. Przyjmuje się, że rozpatrywana aplikacja stanowi zbiór procesów, których stany w określonych momentach czasu opisuje się za pomocą zmiennych lokalnych. Wartości tych wszystkich zmiennych stanowią globalny stan systemu. Na podstawie znajomości cech aplikacji określa się też odpowiednie predykaty, które opisują własności spójnych stanów globalnych. Tak zdefiniowane predykaty umożliwiają ocenę monitorowanego stanu globalnego aplikacji podczas jej wykonania. Zapewnia to nie tylko śledzenie na bieżąco wykonywanej aplikacji, ale również, co jest główną cechą recenzowanej rozprawy, stanowi podstawę określenia akcji sterujących w zależności od zaistniałych sytuacji w środowisku wykonywania aplikacji. Tego typu podejście było dotychczas wykorzystywane raczej do testowania aplikacji niż do jej sterowania. Stanowi ono pewną alternatywę do popularnych rozwiązań zakładających umiejscowienie sterowania aplikacji, nie w samej aplikacji a raczej w środowisku jej wykonania. Powszechnym tego typu rozwiązaniem jest wykorzystanie warstwy pośredniczącej, która zwłaszcza dla aplikacji obiektowych znacznie upraszcza proces wytwarzania aplikacji. Proponowane w rozprawie rozwiązanie dotyczy jednak modelu procesowego aplikacji, który nadal odgrywa dość istotną rolę przy aplikacjach interaktywnych, dynamicznie reagujących na zdarzenia zewnętrzne. Tego typu aplikacje należą do aplikacji czasu rzeczywistego i mają duże znaczenie w systemach wbudowanych (embedded) oraz rozprzestrzeniających się (pervasive).

Celem recenzowanej rozprawy doktorskiej jest więc opracowanie metody sterowania w programach równoległych bazującej na ocenie spełniania predykatów określanych na spójnych stanach globalnych aplikacji wykonywanej w środowisku rozproszonym. Zakłada

się dodatkowo, że metoda ta zapewni programiście wygodny mechanizm kontroli przebiegu aplikacji porównywalny z tego typu mechanizmem istniejącym dla programów wykonujących się w środowisku scentralizowanym. Tak więc ocena zalet proponowanego sposobu zarządzania wykonaniem aplikacji sprowadza się do porównania jej działania w dwóch różnych środowiskach scentralizowanym i rozproszonym. Poza tym stwierdza się, że rozpatrywana aplikacja posiada następujące własności:

- program aplikacji jest dobrze ustrukturalizowany, tzn. zachowuje niezależność przepływu danych i sterowania, a w konsekwencji zapewnia rozdzielenie kodu programu na kod aplikacyjny i kod sterujący, co w praktyce nie zawsze jest w pełni osiągalne,
- wydajność obliczeniowa programu aplikacji ze sterowaniem za pomocą predykatów globalnych jest nie gorsza niż dla tej samej aplikacji ze sterowaniem za pomocą wymiany komunikatów, co czyni tą metodę atrakcyjną dla przetwarzania równoległego,
- mechanizm kontroli oparty na silnie spójnych stanach globalnych wykorzystany w przypadku aplikacji rozproszonej jest w przybliżeniu równoważny mechanizmowi kontroli dla aplikacji scentralizowanej, działającej na wspólnych zasobach, co w konsekwencji ułatwia implementację aplikacji.

W rozprawie wykazano, że powyższe własności aplikacji uzyskuje się dzięki zaproponowanej metodzie sterowania. Zostało to udowodnione na drodze symulacji oraz praktycznych eksperymentach przeprowadzonych w rzeczywistym środowisku PS-GRADE.

Przygotowanie środowiska symulacyjnego opartego na środowisku OMNET+ wymagało sporych umiejętności i dużych nakładów pracy, w tym budowę odpowiednich synchronizatorów, wykorzystania częściowo zsynchronizowanych zegarów lokalnych do wykonania obliczeń, a także wykonania odpowiednich pomiarów (model logGP) uwzględniających zarówno parametry aplikacji i środowiska wykonania, jak też parametrów ściśle związanych z proponowanym modelem sterowania. Na tej podstawie określono takie parametry jakościowe jak: opóźnienie reakcji systemu, opóźnienie monitora, czy związaną z tymi parametrami aktualność stanu, a także częstość podejmowania decyzji globalnych. Umożliwiło to ocenę jakości zaproponowanych algorytmów wyznaczenia stanu SCGS, które stanowią podstawę proponowanej metody sterowania.

W celu przeprowadzenia odpowiednich eksperymentów praktycznych, istniejące środowisko P-GRADE do wytwarzania i wykonywania aplikacji równoległych, zostało rozbudowane o tzw. synchronizator, który jest oddzielnym procesem oczekującym na raporty od procesów aplikacji. Po każdorazowym odbiorze raportu uruchamiany jest moduł wykrywania silnie spójnych stanów dla wcześniej zdefiniowanych regionów. Moduł ten

zwraca następnie informację odnośnie osiągalności stanów spójnych. Informacje te z kolei przekazywane są do węzłów obliczeniowych jako komunikaty biblioteczne. Stanowią one sygnały sterujące, które muszą dotrzeć do konkretnego procesu. Wykorzystując odpowiednie własności sygnałów systemu operacyjnego uzyskano gwarancję dotarcia tych sygnałów sterujących do miejsca przeznaczenia. Wówczas wykonanie procesu obliczeniowego jest przerywane i uruchamiana jest odpowiednia procedura obsługi mająca wpływ na dalszy przebieg procesu obliczeniowego. Przygotowanie takiego środowiska było dużym wyzwaniem i świadczy o wysokich umiejętnościach programistycznych Doktoranta.

Na szczególną uwagę zasługują następujące osiągnięcia Doktoranta:

1. zestaw algorytmów (w tym hierarchiczny) wykrywania silnie spójnych stanów globalnych aplikacji oraz dokonano analizy jakościowej tych algorytmów,
2. lista instrukcji sterujących wpływających na wykonywanie się aplikacji w zależności od bieżącego stanu globalnego aplikacji w formie dostępnej biblioteki,
3. metoda efektywnego sterowania aplikacją poprzez oddziaływanie na jej procesy lokalne, sprawdzone i udoskonalone poprzez symulację,
4. rozwój środowiska PS-GRADE dla potrzeb sterowania opartego na predykatkach stanów spójnych wykonywanej aplikacji i ocenę przydatności tego środowiska dla wykonywanych aplikacji,
5. analiza porównawcza metod sterowania aplikacjami zakładająca wykorzystanie wymiany komunikatów oraz predykatów globalnych, a także ocenę jakości tych metod sterowania.

Wyniki te dowodzą przyjętą tezę rozprawy doktorskiej, a także potwierdzają dużą wiedzę Doktoranta na temat analizy stanów w systemach rozproszonych. Warto byłoby jednak uwzględnić w spisie literatury monografię prof. Jerzego Brzezińskiego pt. "Ocena stanu globalnego w systemach rozproszonych" dotyczącą omawianej w rozprawie tematyki, a wydanej przez ośrodek Wydawnictwa Naukowego PAN w 2002 roku.

Podstawową wadą rozprawy jest rozwlekłość rozważań polegająca na rozpatrywaniu i analizowaniu zbyt wielu wątków tematycznych, a nie na precyzyjnym zdefiniowaniu jednego problemu i ograniczenie się do jego szczegółowej analizy. Poza tym, wykorzystuje się wiele niefortunnych sformułowań, jak np. ".....do stanu lokalnego danego procesu wprowadzić informację o stanie innych procesów" (str. 17), "..... motywacja do poszukiwań modalności" (str. 26), "... zdarzenie kończy wykryty wcześniej SCGS" (str. 52), "... działający w sposób zbliżony do wersji ze sterowaniem przez predykaty" (str. 119), "..... graficzna filozofia tworzenia aplikacji" (str. 134) i wiele innych. Moim zdaniem rozprawa nie zawiera też jasnej

odpowiedzi, w jakich warunkach może być wykorzystywana metoda sterowania za pomocą predykatów dotyczących spójnych stanów globalnych programów, co jednak nie było głównym zamierzeniem tej pracy. W zasadzie zaproponowane rozwiązanie, zamodelowane w środowisku PS-GRADE nie zapewnia zdecydowanej przewagi nad metodami wymiany komunikatów wykorzystujących standardowe systemy operacyjne i sprzęt komputerowy z uwagi na wykorzystanie bardzo wolnej sieci komunikacyjnej. Wyniki symulacyjne są znacznie bardziej obiecujące, dzięki zbadaniu dualnej sieci komunikacyjnej o dobrych parametrach wydajnościowych. Tak więc, uzyskane wyniki mają przede wszystkim znaczenie badawcze. Wydaje się, że proponowana metoda może być pewnym uzupełnieniem metod sterowania wykonaniem aplikacji, alternatywną dla powszechnie stosowanej obecnie wymiany komunikatów z danymi, adaptowanej dla celów sterowania.

Jak zaznaczył autor rozprawy, istnieje jeszcze wiele otwartych problemów, które powinny być rozwiązane. Nie jest bowiem ściśle określony sposób doboru zmiennych globalnych, ani częstość monitorowania stanu globalnego. Nie określono na ile wprowadzone mechanizmy monitorowania powodują efekt próby, tzn. w jaki sposób zniekształcają rzeczywisty przebieg programu. Stanowi to wyzwanie do dalszych badań.

Warto podkreślić, że zawartość merytoryczna rozprawy została również zweryfikowana przez licznych recenzentów znaczących konferencji europejskich organizowanych pod patronatem IEEE oraz LNCS. Reasumując stwierdzam więc z przekonaniem, że mimo kilku uwag dyskusyjnych praca doktorska mgr inż. Janusza Borkowskiego wyraźnie spełnia odnośne wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę więc o dopuszczenie Doktoranta do dalszych faz przewodu doktorskiego.

Gdańsk, 31 stycznia 2006.

