

GRADIS – środowisko dla Rozproszonych Transformacji Grafowych (z perspektywy pięciu lat badań)

Leszek Kotulski

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział EAIiE, Katedra Automatyki

Streszczenie: W niniejszym artykule zaprezentowano historię prowadzonych w Katedrze Automatyki pod kierunkiem Autora badań w zakresie przetwarzania transformacji grafowych w środowisku rozproszonym.

Słowa kluczowe: transformacje grafowe, przetwarzanie rozproszone, systemy agentowe

Grafi i transformacje grafowe stanowią bardzo użyteczne narzędzie wykorzystywane w wielu dziedzinach, takich jak generacja kompilatorów, przetwarzanie obrazu, programowanie wizualne, czy modelowanie systemów rozproszonych. Niestety, w parze z mocą opisową grafów i gramatyk grafowych nie idzie ich efektywność. Celowym wydaje się rozproszenie grafu i równoległe wykonywanie transformacji na nim.

Pierwsze kroki w tym kierunku wykonano w ramach habilitacji Autora. Obliczenia były wykonywane efektywnie, niestety dla każdego obliczenia (każdego problemu) istniała konieczność indywidualnego definiowania synchronizacji między współpracującymi podsystemami.

W ramach prowadzonych w Katedrze Automatyki badań, opracowano środowisko programowe GRADIS (GRAph DIStribution), które dzieli scentralizowany graf G na zbiór częściowo zreplikowanych podgrafów G_1, \dots, G_n , przy czym replikowane są wierzchołki leżące na granicy między poszczególnymi podgrafami (tzw. *border nodes*). Wprowadzono też operacje pozwalające na przesuwanie granic między połączonymi wierzchołkami granicznymi grafów. Formalnie, grafy G_1, \dots, G_n nazywamy grafami komplementarnymi (*complementary graphs*). Udowodniono, że istnieją algorytmy o wielomianowej złożoności obliczeniowej generujące zbiór grafów komplementarnych z grafu scentralizowanego i odwrotnie: generujące graf scentralizowany ze zbioru grafów komplementarnych [1]. Każdym z grafów komplementarnych opiekuje się jeden agent, który może go zmodyfikować wykonując lokalne transformacje grafowe. Transformacje te zdefiniowane są w kontekście grafu scentralizowanego, a ich zastosowanie jest możliwe, gdy lokalny graf może być zmapowany na lewą stronę produkcji, reprezentującą transformację grafową. W przypadku gdy możliwe jest jedynie częściowe mapowanie, agent negocjuje z innymi agentami takie rozszerzenie utrzymywanego przez niego grafu, by możliwe było pełne mapowanie. W ten sposób możliwe stało się równoległe wykonywanie transformacji grafowych, w środowisku rozproszonym, zdefiniowanych w kontekście scentralizowanego grafu, bez konieczności ich modyfikacji.

Dla zapewnienia efektywności systemu zdefiniowano protokoły negocjacyjne o złożoności wielomianowej [2], pomiędzy agentami.

Zarysowana idea została formalnie zweryfikowane w kontekście następujących transformacji grafowych:

- gramatyki ETPL(k) [2],
- gramatyk bazujących na koncepcji single push out [3],
- gramatyk bazujących na koncepcji double push out [4],
- hipergrafów [5].

Replikowanie wyłącznie wierzchołków brzegowych prowadziło do zbyt częstej kooperacji między agentami, co zmniejszało efektywność systemu – wprowadzono więc koncepcję *replicated complementary graph* (RCG) – pozwalającą replikować nie tylko wierzchołki brzegowe, ale w celach informacyjnych, również dodatkowe fragmenty grafów. Formalna definicja tej koncepcji oraz dowody efektywności zastosowania transformacji grafowych w kontekście RCG podane są w [6–8].

Opracowano również heurystyczne algorytmy podziału grafu scentralizowanego na grafy komplementarne przy zadanym kryterium dotyczącym grafu komplementarnego [8, 9], efektywność ostatniego z nich, algorytmu relaksacyjnego [9], daje wynik skutecznego w 98 % dopasowania grafów komplementarnych do zadanego wzorca.

Użyteczność koncepcji grafów komplementarnych została zilustrowana na dwóch przykładach projektowania inteligentnego oświetlenia [10] oraz wspomagania adaptacyjnego projektowania pomieszczeń [5, 11].

W przypadku systemów rozproszonych zachowanie każdego z komponentów często opisuje różna gramatyka (a czasami gramatyka innego typu). Z uwagi na fakt, że komponenty te ze sobą współpracują, to wykonanie transformacji grafowej w jednym systemie wymusza wykonanie jednej lub kilku transformacji w innym, należy więc umożliwić współpracę różnych typów gramatyk grafowych. Zdefiniowana koncepcja sprzężonych gramatyk grafowych [12] stwarza możliwość zsynchronizowania wykonania produkcji należących do różnych gramatyk.

Łącznie w tej tematyce opublikowano 23 artykuły w czasopiśmie i materiałach konferencyjnych.

Bibliografia

1. Kotulski L.: *GRADIS – Multiagent Environment Supporting Distributed Graph Transformations*. Bubak M. i in. (red.): ICCS 2008, Part III, LNCS 51031, 644–653, 2008

2. Kotulski L.: *Distributed Graphs Transformed by Multiagent System*. Rutkowski L. i in. (red.): ICAISC 2008, LNAI 5097. 1234–1242, 2008.
3. Kotulski L., Sędziwy A.: *On the Complexity of Coordination of Parallel Graph Transformations*. Proceedings at the 4th International Conference on Dependability of Computer Systems DepCoS – RELCOMEX 2009. 279–289, IEEE Computer Society Order Number P3674, 30 June – 2 July 2009, Brunow, Poland.
4. Kotulski L., Sędziwy A.: *Parallel Graph Transformations with Double Pushout Grammars*. Rutkowski L. i in. (red.): ICSAIC 2010, Part II, LNAI 6113, 280–288, 2010.
5. Kotulski L., Strug B.: *Using graph grammars in distributed adaptive design system*. Computer Vision and Graphics: International Conference, ICCVG 2008, Warsaw, Poland, November 10–12, 2008: red. Bolc L., Kulikowski J. L., Wojciechowski K., LNCS 5337, 485–486, 2009.
6. Kotulski L., Sędziwy A.: *GRADIS – the multiagent environment supported by graph transformations*. Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 18, Issue 10, 1515–1525, November 2010.
7. Kotulski L., Sędziwy A.: *On the Effective Distribution of Knowledge Represented by Complementary Graphs*. Jedrzejowicz i in. (red.): KESAMSTA 2010. Part 1, LNAI 6070, 381–390, 2010.
8. Kotulski L., Sędziwy A.: *Parallel Graph Transformations Supported by Replicated Complementary Graphs*, Adaptive and Natural Computing Algorithms 10th International Conference, ICANNGA 2011, Ljubljana, Slovenia, April 14–16, 2011, LNCS 6594, 254–264.
9. Kotulski L., Sędziwy A.: *Agent Framework For Decomposing a Graph Into the Equally Sized Subgraphs*. WORLDCOMP'08 Conference, Foundations of Computer Science, 245–250.
10. Sędziwy A., Kotulski L.: *Solving Large-Scale Multi-point Lighting Design Problem Using Multi-agent Environment*. „Key Engineering Materials” Vol. 486, Advanced Design and Manufacture IV.
11. Kotulski L., Strug B.: *Multi-agent System for Distributed Adaptive Design*. [w druku] „Key Engineering Materials”.
12. Kotulski L., Fryz Ł.: *Conjugated Graph Grammars as a Mean to Assure Consistency of Systems of Conjugated Graphs*. Proceedings at the 3rd International Conference on Dependability of Computer Systems DepCoS – RELCOMEX 2008, 9–14, IEEE Computer Society Order Number P3179, June 26–28 2008, Szklarska Połęba, Poland. ■

GRADIS – environment for Distributed Graph Transformation (from the five year perspective)

Abstract: The article presents a brief history of investigation made in the area of the distributed graph transformation. Their effect is designing the multiagent GRADIS environment.

Keywords: graph transformation, distributed and parallel processing, multiagent system

dr hab. Leszek Kotulski

Pracuje w Katedrze Automatyki od października 2006 r. na stanowisku profesora nadzwyczajnego AGH. Wcześniej jego kariera zawodowa od ukończenia studiów była związana z Instytutem Informatyki UJ. Tytuł magistra informatyki uzyskał w 1979 r. na Uniwersytecie Jagiellońskim; tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie informatyka uzyskał w 1984 r. na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki, AGH; habilitacja w naukach technicznych w dziedzinie: teoretyczne podstawy informatyki uzyskał w 2002 r. na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Zainteresowania naukowe koncentrują się na zagadnieniach metod formalnych, w tym transformacji grafowych i weryfikacji oprogramowania, przetwarzania rozproszonego, systemów wbudowanych. Nadzorował implementację kilku systemów wspomaganie decyzji opartych na koncepcji hurtowni danych w polskich instytucjach finansowych. Jest autorem 94 publikacji i jednej monografii.

e-mail: kotulski@agh.edu.pl

