

Departamentul de Informatică
Facultatea de Matematică și Informatică
Universitatea din Pitești

SIMULATION OF KERNEL P SYSTEMS USING
COMMUNICATING X-MACHINES
APPLICATIONS IN FLAME

Rezumatul tezei de doctorat

Doctorand: Ionuț Mihai Niculescu

Coordonatori:
Prof. univ. dr. Tudor Bălănescu
Prof. univ. dr. Florentin Ipate

Cuprinsul tezei

- Capitolul 1 Introduction
- Capitolul 2 P systems
- Capitolul 3 Stream X-machines and FLAME
- Capitolul 4 P Systems to X-machines and FLAME
- Capitolul 5 Simulation of kP systems in FLAME
- Capitolul 6 Case Study: Subset Sum Problem
- Capitolul 7 Conclusions and Other Research Directions

1 Introduction

În acest capitol sunt prezentate motivația și obiectivele tezei.
Obiectivul principal al tezei este de a dezvolta o nouă metodă de simulare a P systems într-un mediu distribuit. Majoritatea simulatoarelor actuale se bazează

pe execuția secvențială, care pierde din vedere caracteristica principală a P systems, aceea de paralelism maximal. Această lucrare propune o nouă abordare a simulării de P systems, folosind modelarea și simularea bazată pe agenți. Esența acestei abordări o reprezintă transformarea de kernel P systems specificate în kP-lingua într-un CSXMS, care sunt apoi simulate folosind platforma FLAME.

Pentru a fi atins obiectivul de a simula P systems într-un mediu distribuit, au fost cautate modele computaționale echivalente care permit simularea acestora într-o manieră paralelă. Cercetarea a dus la elaborarea unei noi metodologii de transformare a unui kernel P system într-un CSXMS. Partea teoretică demonstrează echivalența computațională a celor două modele. O astfel de abordare nu a mai fost prezentată până acum, constituind noutatea acestei teze.

Al doilea obiectiv al cercetării de față îl reprezintă automatizarea transformării unui kernel P system specificat în kP-Lingua într-un CSXMS prin intermediul sistemului software kPWorkbench, care a fost extins în scopul de a atinge acest obiectiv. Simularea este implementată în FLAME, o platformă software distribuită bazată pe agenți, ce se bazează pe modelul computațional Communicating Stream X-Machine System. În acest mod, kernel P systems pot fi simulate într-un mediu distribuit.

În această teză este propusă o abordare paralelă pentru simularea de P systems, care este privită ca o evoluție naturală din perspectiva naturii acestora, aceea de paralelism maximal. Prin procesarea paralelă, procesul de simulare este scalabil, iar P systems complexe pot fi simulate prin adăugarea de resurse hardware suplimentare platformei. Principalele contribuții ale acestei teze la simularea paralelă a kP systems sunt:

- Definierea unei metodologii coerente pentru transformarea unui kP system într-un CSXMS. O teoremă [1] care definește și demonstrează echivalența între un kP system de grad n și un CSXMS cu $n+1$ componente. Teorema este fundamentul simulatorului paralel de kP systems.
- Extinderea sistemului software kPWorkbench [2] cu un nou modul care permite transformarea unui kP system specificat în kP-Lingua în model FLAME echivalent. Modulul poate transforma, de asemenea, modelul FLAME în formă executabilă prin compilarea și rularea unui număr finit de pași specificați în kPWorkbench UI.
- Algoritmul [2], [3] pe care se bazează transformarea realizată de kPWorkbench a specificației unui kP system definit în kP-Lingua în modelul FLAME. Acest algoritm permite automatizarea procesului de transformare, iar pseudocodul este prezentat în anexa A.
- Modelul FLAME obținut prin transformarea unui kP system specificat în kP-Lingua de către kPWorkbench poate fi compilat și rulat independent. Modelul astfel obținut poate fi compilat și rulat în mod secvențial [4] sau paralel [3] pe diferite configurații hardware și sisteme de operare.

Rezultatele comparative obținute între simulatorul propus de această teză și cel luat ca referință sunt prezentate în:

- Secțiunea 5,5 și parțial publicate în [4] - simulatorul propus de această lucrare este evaluat comparativ, în caz de execuție secvențială, cu simulatorul luat ca referință.

- Capitolul 6 și publicate în [3] - rezultatele obținute după rularea în modul paralel al simulatorului.

2 P systems

În acest capitol se face o introducere generală în *Membrane Computing*. Sunt prezentate principalele caracteristici ale P systems, tipuri de structură ale membranelor, regulile și modurile lor de aplicare. În secțiunile de la 2,1 la 2,5 sunt descrise pe scurt tipurile cele mai studiate de P systems din comunitatea de calcul cu membrane. În funcție de structura și caracteristicile specifice, principalele tipuri de P systems sunt:

- Cell-like P systems
- P systems with Active Membranes
- Tissue-like P systems
- Neural-like P systems
- Kernel P systems

Kernel P systems sunt descrise detaliat cu tipurile de reguli și cu modul lor de aplicare, structura membranelor și strategiile de execuție ale membranelor. Întreaga teză se bazează pe acest tip de P systems.

3 Stream X-machines and FLAME

În prima parte a capitolului se introduc definițiile X-stream machines și ale communicating X-stream machines systems. În partea finală a capitolului se prezintă sistemul software FLAME, o platformă generică de modelare și simulare bazată pe agenți ce rulează pe arhitecturi paralele. Agenții se bazează pe communicating X-stream machines system ca model computațional. Platforma FLAME poate fi folosit în multe arii pentru modelare și simulare.

În contextul acestei teze, platforma FLAME este folosită pentru a modela și simula kernel P systems.

4 P Systems to X-machines and FLAME

În acest capitol este formulată teorema care demonstrează echivalența dintre cele două modele computaționale, kernel P system și communicating X-stream machine system. Teoremă ce a fost publicată în [1].

Demonstrația teoremei arată cum fiecare membrană dintr-un kernel P system de grad n este transformată într-o communicating X-stream machine. Sincronizarea comunicării dintre membrane se realizează de o communicating X-stream machine suplimentară care completează sistemul. Partea teoretică a acestui capitol este esența transformării de kernel P systems în CXSMS pentru a putea fi simulate în FLAME.

5 Simulation of kP systems in FLAME

În acest capitol se prezintă procesul de transformare a unui kernel P system specificat în kP-lingua într-un model FLAME, mai exact modul de transformare a kernel P system în communicating X-stream machine system. Tipurile de membrane sunt transformate în tipuri de agenți. Tipurile de agenți pot avea mai multe instanțe, iar restul elementelor dintr-o membrană sunt stocate în memoria lor. Elementele codificate din memoria unui tip de agent sunt:

- multisetul de obiecte din membrane;
- conexiunile dintre membrane;
- regulile;
- gărzile regulilor.

Sistemul software kPWorkbench a fost extins de un nou modul care permite transformarea unui kP system specificat în kP-Lingua într-un model FLAME. Procesul generează structura tipurilor de agenți definiți în format XML, iar partea funcțională este reprezentată de funcțiile definite în limbajul C.

În partea finală a capitolului se face un studiu de caz cu privire la sistemul biologic sintetic *Pulse Generator* care conține două tipuri de tulpini de bacterii, celule de tip *pulsing* și celule de tip *sender*. Bacteriile sunt distribuite într-o matrice cu n rânduri și m coloane. Primele două coloane sunt compuse din celule de sender, iar restul celulelor sunt de tip *pulsing*. Sistemul biologic a fost modelat de un kernel P system stocastic, iar pentru analiza calitativă a fost modelat de un kernel P system.

Studiul de caz prezintă o analiză comparativă a rezultatelor obținute dintre cele două simulatoare, simulatorul nativ din sistemul software kPWorkbench și simulatorul FLAME.

6 Case Study: Subset Sum Problem

În acest capitol se realizează un studiu de caz asupra problemei sumei subgrupurilor. Problema este modelat de un kernel P system cu două tipuri de membrane și trei tipuri de reguli, rescriere, comunicare și diviziune. Transformarea care a fost prezentată în capitolul anterior a fost extinsă pentru a accepta reguli de divizare și dizolvarea membranelor, pe lângă regulile de rescriere și comunicare. Această extensie nu este inclusă în teorema prezentată în capitolul 4.

Au fost efectuate teste de performanță cu cele două simulatoare, kPWorkbench și FLAME, pe baza acestui model. În teste au fost folosite diferite instanțe ale modelului în care numărul de elemente din mulțime variază între 2 și 20. Rezultatele din acest capitol sunt extrase din articolul [3].

Testele au fost efectuate în simulatorul nativ din kPWorkbench și în Flame. Simularea FLAME a fost abordată în versiunea serială și paralelă. În versiunea paralelă, testele au fost rulate pe două, trei și patru procesoare.

Rezultatele obținute indică faptul că simularea FLAME în versiunea serială a avut o performanță mai bună în ceea ce privește timpul de execuție.

7 Conclusions and Other Research Directions

În acest capitol sunt sintetizate contribuțiile tezei de față.

Interesul sporit al comunității de cercetare pentru domeniul calculului cu membrane, corelat cu tendința globală care implică democratizarea calculului paralel, arată că tematica acestei teze este relevantă în prezent.

Abordarea propusă de această teză poate fi extinsă la alte platforme distribuite.

O direcție imediată este de a simula kernel P systems (cu reguli de rescriere și comunicare), în mediul FLAME GPU. În acest sens, procesul de transformare a specificațiilor kP-Lingua în modelele FLAME GPU trebuie să fie automatizată prin sistemul software kPWorkbench.

O altă direcție de cercetare este reprezentată de software-ul Akka, o platformă distribuită bazată pe modelul actor. O arhitectură bazată pe Akka poate implementa un simulator paralel de kernel P systems folosind partea teoretică a tezei de față.

Lista de publicații

Journal Papers

- [1] I. M. Niculescu, M. Gheorghe, F. Ipate, and A. Ștefănescu, “From Kernel P systems to X-machines and FLAME,” *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, vol. 4, pp. 239–250, 2014.

Conference Papers

- [2] M. E. Bakir, F. Ipate, S. Konur, L. Mierla, and I. Niculescu, “Extended Simulation and Verification Platform for Kernel P Systems,” in *Membrane Computing. CMC 2014*, G. M., R. G., S. A., S. P., and Z. C., Eds., ser. Lecture Notes in Computer Science. 2014, vol. LNCS 8961, pp. 158–178.
- [3] R. Lefticaru, L. F. Macías-Ramos, I. M. Niculescu, and L. Mierlă, “Agent-Based Simulation of Kernel P Systems with Division Rules Using FLAME,” in *Membrane Computing. CMC 2016*, G. M., R. G., S. A., S. P., and Z. C., Eds., ser. Lecture Notes in Computer Science. 2016, vol. LNCS 8961, pp. 286–306.
- [4] M. E. Bakir, S. Konur, M. Gheorghe, I. Niculescu, and F. Ipate, “High Performance Simulations of Kernel P Systems,” in *The 16th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, 2014.
- [5] A. Ciobanu, R. Lefticaru, I. M. Niculescu, and F. Ipate, “Tools for P system testing,” M. G. (Autor), T. H. (Autor), and G. P. (Autor), Eds., vol. LNCS 6501, Jena, Germany: Proceedings of the Eleventh International Conference on Membrane Computing (CMC11), 24-27 August 2010, pp. 451–454.
- [6] R. Lefticaru, F. Ipate, L. V. Cabrera, A. Turcanu, C. Tudose, M. Gheorghe, M. J. P. Jiménez, I. M. Niculescu, and C. Dragomir, “Towards an integrated approach for model simulation, property extraction and verification of P systems,” Sevilla: Proceedings of the Tenth Brainstorming Week on Membrane Computing, 30 de Enero-3 de Febrero 2012, pp. 291–318.

Workshop Papers

- [7] R. Lefticaru, L. F. Macías-Ramos, I. M. Niculescu, and L. Mierlă, “Towards Agent-Based Simulation of Kernel P Systems using FLAME and FLAME GPU,” Manchester (UK): Proceedings of the Workshop on Membrane Computing, Nov. 2016, pp. 58–61.
- [8] F. Ipate, R. Nicolescu, I.-M. Niculescu, and C. Stefan, “Synchronization of P Systems with Simplex Channels,” G. Ciobanu, Ed., Paris (Fontainebleau), France: 5th Workshop on Membrane Computing and Biologically Inspired Process Calculi, 2011.

- [9] I. Sakellariou, O. Kurdi, M. Gheorghe, D. Romano, P. Kefalas, F. Ipaté, and I. Niculescu, “Crowd formal modelling and simulation: The Sa’yee ritual,” *IEEE*, 2014, pp. 1–8.

Ionuț Mihai Niculescu

Str. Carpați Bl. F4 Sc. C Ap. 12
110073 Pitești – România

Mobile +4 0740 564 245

E-Mail ionutn@ionutmihainiculescu.ro
Website www.ionutmihainiculescu.ro

Education

PhD student in Computer Science, University of Pitești 2011 - present

Research directions

- Formal languages
- P systems
- Parallel processing from perspective of programming languages

University of Pitești
Faculty of Mathematics and Computer Sciences
Department of Computer Science

Advanced Techniques for Information Processing 2008 – 2010

Master at the University of Pitești
Faculty of Mathematics and Computer Sciences
Department of Computer Science

Level II Didactic Certification 2008 – 2010

University of Pitești
Department of Teacher's Training

Computer Science Faculty 2005 – 2008

University of Pitești
Faculty of Mathematics and Computer Sciences
Department of Computer Science

Level I Didactic Certification 2005 – 2008

University of Pitești
Department of Teacher's Training

High school 2000 – 2005

Astra
Department of Mathematics and Computer Sciences
Pitești

Publications

Agent-Based Simulation of Kernel P Systems with Division Rules Using FLAME

R. Lefticaru, L. F. Macias-Ramos, I. M. Niculescu, L. Mierla
Int. Conf. on Membrane Computing 2016, LNCS, to appear, 2016. **ISI Proceedings**

Towards Agent-Based Simulation of Kernel P Systems using FLAME and FLAME GPU

R. Lefticaru, L. F. Macias-Ramos, I. M. Niculescu, L. Mierla
Proceedings of the Workshop on Membrane Computing (WMC 2016), Manchester (UK), 11-15 July 2016.
Technical Report – UB-20160819-1, University of Bradford, pages 58-61, 2016.

Crowd formal modelling and simulation: The Sa'yee ritual

I. Sakellariou, O. Kurdi, M. Gheorghe, D. Romano, P. Kefalas, F. Ipate, I.M. Niculescu
UKCI 2014, 1-8, 2014

High Performance Simulations of Kernel P Systems

M. E. Bakir, S. Konur, M. Gheorghe, I. Niculescu, F. Ipate
2014 IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC), pp. 409-412,
2014. **ISI Proceedings**

Extended Simulation and Verification Platform for Kernel P Systems

M. E. Bakir, F. Ipate, S. Konur, L. Mierla, I. Niculescu
Systems. Int. Conf. on Membrane Computing 2014, Lecture Notes in Computer Science, Springer, LNCS, pp. 158-
178, 2014. **ISI Proceedings**

From Kernel P Systems to X-Machines and FLAME

I. M. Niculescu, M. Gheorghe, F. Ipate, A. Stefanescu
Journal of Automata, Languages and Combinatorics, 19(1-4), pp. 239-250, 2014

Towards an Integrated Approach for Model Simulation, Property Extraction and Verification of P Systems

Lefticaru, Raluca, Ipate Florentin, Valencia-Cabrera Luis, Turcanu Adrian, Tudose Cristina, Gheorghe Marian,
Jiménez Mario Pérez J., Niculescu Ionut M., Dragomir Ciprian
Proceedings of the Tenth Brainstorming Week on Membrane Computing (10th BWMC), Seville, Spain,
January 30 – February 3, 2012, Volume I, pp. 291 – 318, Fénix Editora, Sevilla, 2012

Synchronization of P Systems with Simplex Channels

Florentin Ipate, Radu Nicolescu, Ionuț Mihai Niculescu, Cristian Ștefan
Proceedings of the 5th Workshop on Membrane Computing and Biologically Inspired Process Calculi (MeCBIC
2011), Paris (Fontainebleau), France, August 2011, pp. 61 - 75

Tools for P system testing

Alexandru Ciobanu, Raluca Lefticaru, Ionuț Mihai Niculescu, Florentin Ipate
Proceedings of the Eleventh International Conference on Membrane Computing (CMC11)
Jena, Germany, August 2010, pp. 451 – 454, ProBusiness Verlag, Berlin, 2010

Skills

Technologies

- OOP
- Design Patterns
- Spring
- Spring MVC
- .NET Framework
- Qt

Programming languages

- Java
- Scala
- C/C++
- C#
- F#
- Haskell
- MATLAB
- R
- Pascal
- Delphi

Scripting languages

- Python
- JavaScript
- VBA
- PHP

Other skills

- Big Data
- Graph theory
- Networking
- Android
- Linux
- Relational Database
- Non-relational Database
- LaTeX

Professional Experience

44 Tek Enterprise 2013 – present

Co-Founder & Senior Developer

Team member of the research project CNCSIS tip IDEI PCE 2012 – 2016

MuVeT: Multi-scale modelling verification and testing

Granted of the Romanian National Authority for Scientific Research, project number: PN-II-ID-PCE-2011-3-0688

Team member of the research project CNCSIS tip IDEI PCE 2009 – 2011

EvoMT - An Integrated Evolutionary Approach to Formal Modelling and Testing

Cod 643/2008, contract number: 496/2009, rated with full marks in years 2009 and 2010.

Design and development of security software for quartz SECURITY SYSTEMS, Pitești - 2000 – 2001

Web page design for quartz SECURITY SYSTEMS, Pitești - 2001

Interests

- Artificial intelligence
- IoT
- Quantum computing
- Electronics
- Robotics
- Cryptocurrency Technologies
- Cinematography
- Literature
- Music

Additional Information

Simulation of kernel P systems using communicating X-machines - Applications in FLAME

The Ninth Doctoral Student Workshop in Computer Science – DSWCS 2017

Thematic Area: Theoretical Computer Science

University of Pitești, May 20, 2017

Firing Squad Synchronization Problem Implemented with P Systems

The Fourth Doctoral Student Workshop in Computer Science

Thematic Area: Theoretical Computer Science

University of Pitești, May 19 - 20, 2012

Participation in the *Special Session on P systems Software Engineering for PhD students* of the Tenth Workshop on Membrane Computing - WMC10

August 24 – 27, 2009

Curtea de Argeș România

Computing Economic Indicators in MATLAB and Test Generation from Finite State Models

Scientific Session for Students

Computer Science section, May 15 – 16, 2009

University of Pitești

Transmission of multimedia content over Internet

Scientific Session for Students

Computer Science section, May 2008

University of Pitești

Security software systems

Scientific Session for Students

Computer Science section, May 2007

University of Pitești

Mathematics Test - educational software

Scientific Session for Students

Computer Science section, May 2006

University of Pitești

Mathematics Test - educational software

Section: educational software - high school senior.

Computer Science contest "Gheorghe I. Marinescu", Third Edition,

Organized by the Palace of Children and Pupils Pitești, February 7, 2004.