

Rozproszona Pesymistyczna Pamięć Transakcyjna: Algorytmy i Własności

mgr inż. Konrad Siek
Politechnika Poznańska
konrad.siek@cs.put.edu.pl

Dziedzina: Nauki techniczne
Dyscyplina: Informatyka

Otwarte posiedzenie Wydziałowej Komisji ds. Doktoratów
Wydział Informatyki PP, Poznań, 2015-02-10

Plan prezentacji

- Problem badawczy i jego znaczenie
- Stan wiedzy
- koncepcja rozwiązania problemu
- Stan badań autora
- Roboczy spis treści
- Plan pracy nad doktoratem
- Publikacje i dokonania autora
- Potencjalny promotor

Problem badawczy i jego znaczenie

Pamięć transakcyjna (*transactional memory*):

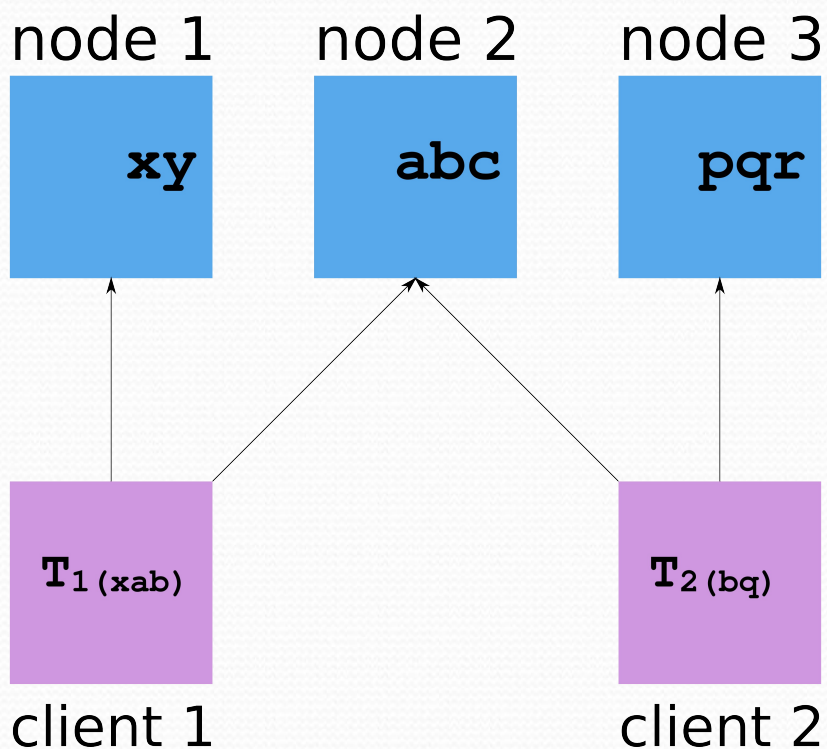
- Abstrakcja transakcji w programowaniu ogólnego przeznaczenia:

```
acquire a          transaction {
acquire b          b = a + 1
b = a + 1          a = a + 1
release b          }
a = a + 1
release a
```

- Efektywność i poprawność wykonania na systemach wielordzeniowych (*multicore*)
- Prostota stosowania
- Popularne rozwiązanie (GCC, Intel Haswell, C++)

Problem badawczy i jego znaczenie

Rozproszone systemy pamięci transakcyjnej



Dodatkowe problemy:

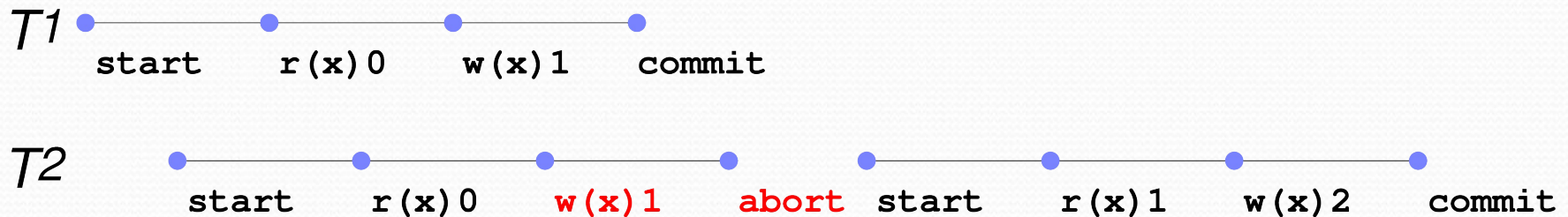
- Awarie węzłów
- Opóźnienia komunikacyjne
- Decentralizacja

Nowe zastosowania:

- (Geo-)rozproszone magazyny danych
- Architektura zorientowana na usługi (SOA)

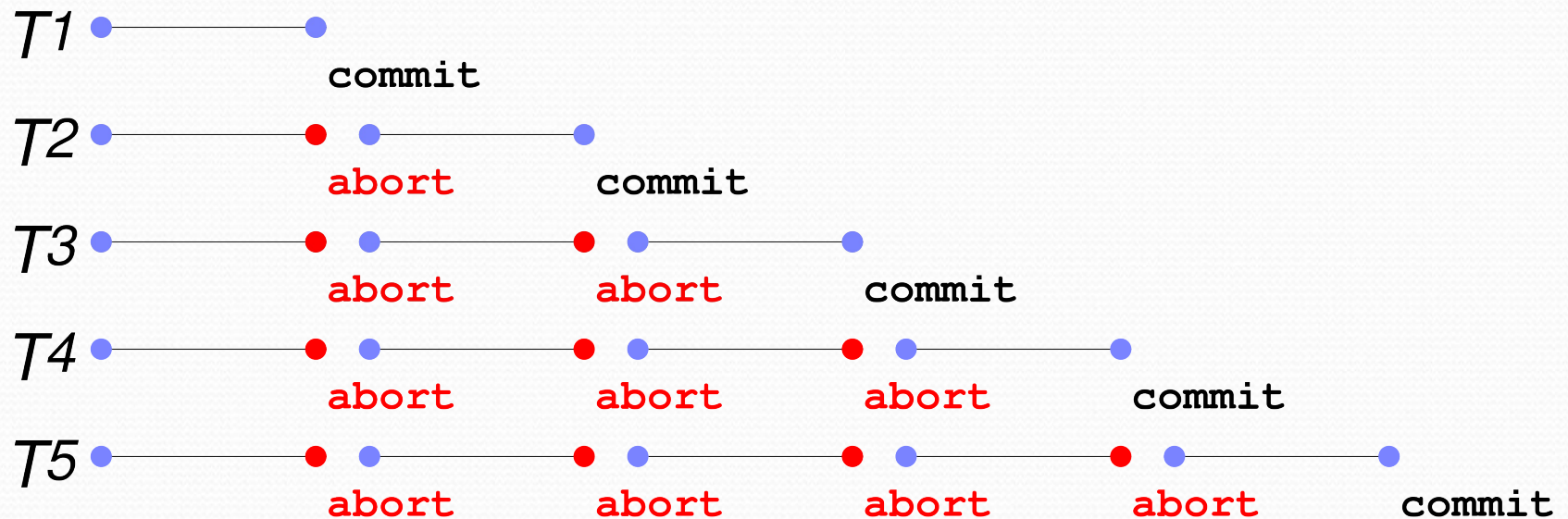
Problem badawczy i jego znaczenie

Optymistyczne sterowanie współbieżnością w pamięci transakcyjnej (typowe podejście):



Problem badawczy i jego znaczenie

Optymistyczne wykonanie przy dużej rywalizacji
(*high contention*):



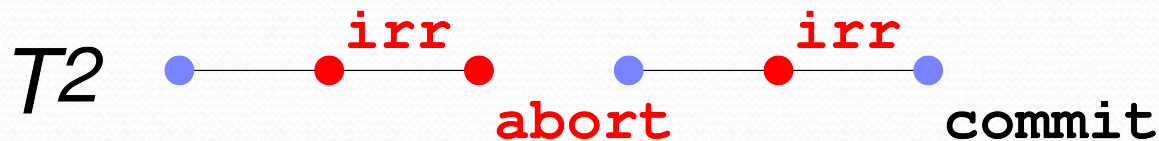
Obniżenie wydajności przetwarzania systemu.

Problem badawczy i jego znaczenie

Operacje niewycofywalne (*irrevocable operations*):

```
transaction {  
    x = x + 1  
    fire_rocket  
}
```

```
transaction {  
    x = x + 1  
    acquire local_lock  
    ...  
    release local_lock  
}
```



Zwiększona złożoność modelu programistycznego

Problem badawczy i jego znaczenie

Eliminacja problemów przetwarzania optymistycznego w rozproszonej pamięci transakcyjnej.

Poszukiwanie nowych **podejść, algorytmów i własności** dla pamięci transakcyjnej, z uwzględnieniem zastosowań w **systemach rozproszonych**.

Stan wiedzy

Zapobieganie problemów z operacjami niewycofywalnymi w optymistycznych systemach pamięci rozproszonej:

- A. Welc, B. Saha, A.R. Adl-Tabatabai. *Irrevocable Transactions and their Applications*. SPAA'08.
- Bocchino, Adve, Chamberlain. *Software Transactional Memory for Large Scale Clusters*. PPOPP'08.
- Attiya, Hillel. *Single-version STMs can be multi-version permissive*. ICDCS'11.
- Harris. Marlow. Jones. Herlihy. *Composable Memory Transactions*. PPOPP'05.

Stan wiedzy

Unikanie kolizji i zarządzanie rywalizacją w optymistycznej pamięci transakcyjnej:

- S. Dolev, D. Hendler, A. Suissa. *CAR-STM: Scheduling-based Collision Avoidance and Resolution for Software Transactional Memory*. PODC'08.
- R.M. Yoo, H.H.S. Lee. *Adaptive Transaction Scheduling for Transactional Memory Systems*. SPAA'08.
- A. Drogojević, R. Guerraoui, A.V. Singh, V. Singh. *Preventing vs Curing: Avoiding Conflicts in Transactional Memories*. PODC'09.
- W.N. Scherer, M.L. Scott. *Advanced Contention Management for Dynamic Software Transactional Memory*. PODC'05.

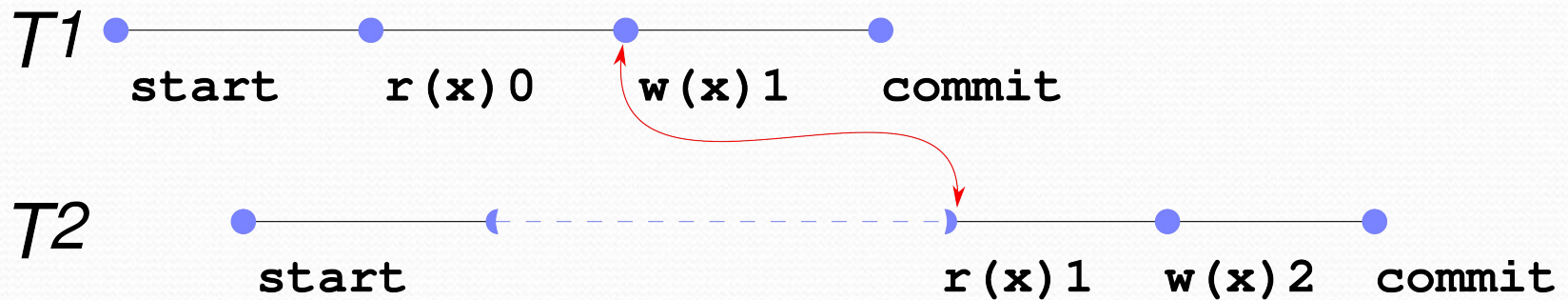
Stan wiedzy

Badania nad pesymistycznymi systemami pamięci transakcyjnej:

- A. Matveev, N. Shavit. *Towards a Fully Pessimistic STM Model*. TRANSACT'12.
- Y. Afek, A. Matveev, N. Shavit. *Pessimistic Software Lock-Elision*. DISC'12.
- P.T. Wojciechowski. *Isolation-only Transactions by Typing and Versioning*. PPDP'05.

Koncepcja rozwiązania problemu

Pesymistyczne sterowanie współbieżnością:



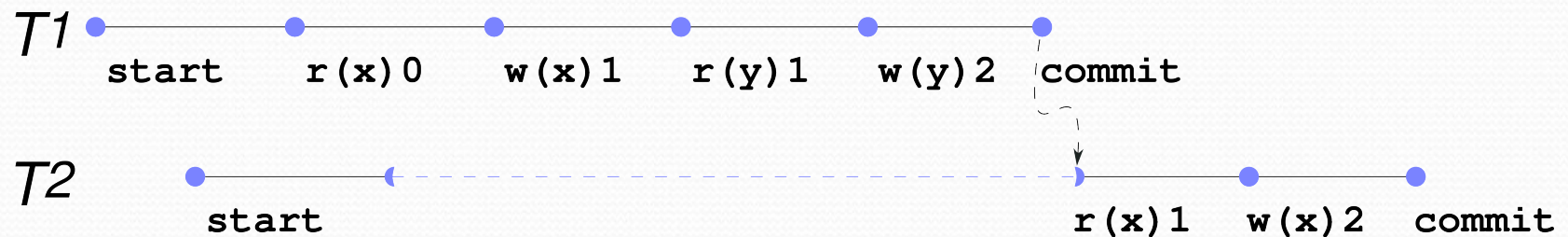
- Opóźnianie operacji
- Eliminacja wycofań

Koncepcja rozwiązania problemu

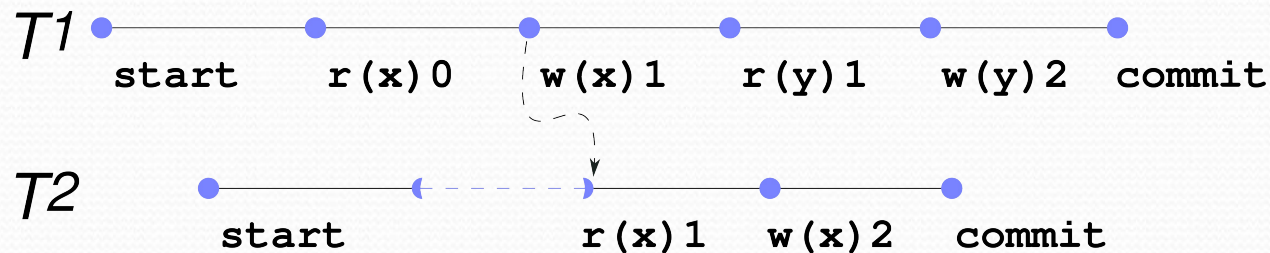
- Abstrakcja transakcji
- Pesymistyczne sterowanie współbieżnością
- Wydajność: nowe algorytmy
- Poprawność: nowe własności
- Decentralizacja, odporność na awarie

Koncepcja rozwiązania problemu

Supremum Versioning Algorithm (SVA)

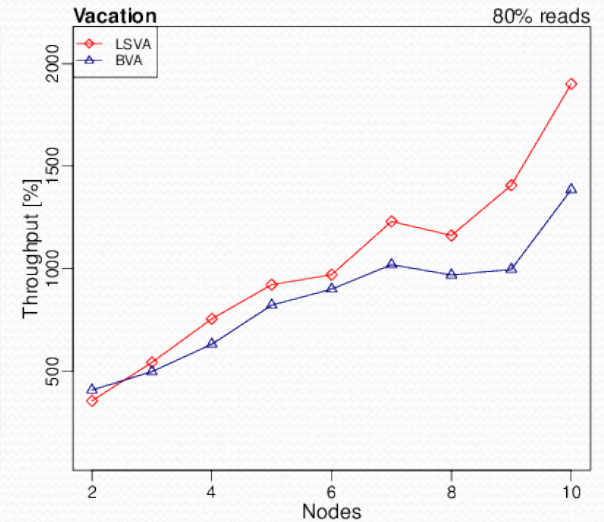
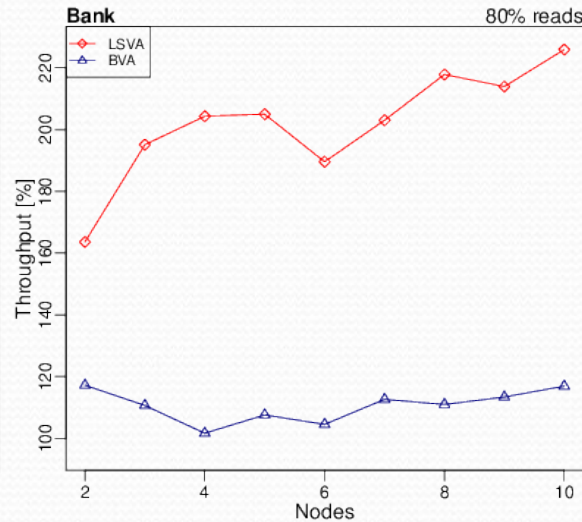
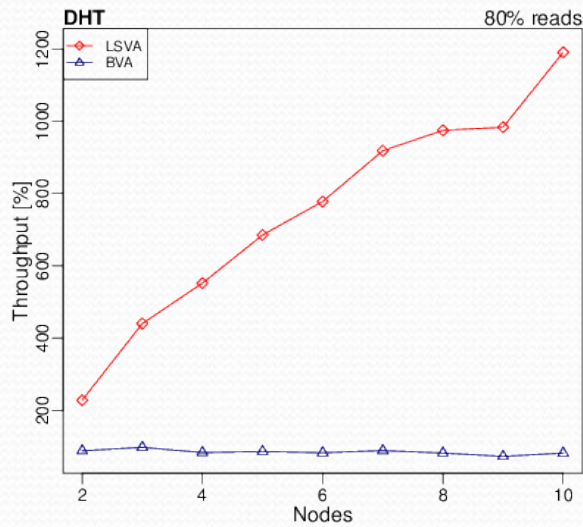


Mechanizm wczesnego zwalniania zmiennych:



Koncepcja rozwiązania problemu

Wydajność wczesnego zwalniania zmiennych:



Wymagana wiedza *a priori* o supremach:
maksymalnej liczbie dostępów do zmiennych w
transakcji

Stan badań autora

Określenie supremów przez analizę statyczną:

- Analiza wartości:
 - Identyfikacja obiektów współdzielonych
 - Identyfikacja aliasów
 - Rozwijanie pętli
- Analiza regionów
- Rekurencyjna analiza supremów

Narzędzie do instrumentacji kodu źródłowego w dla języka Java.

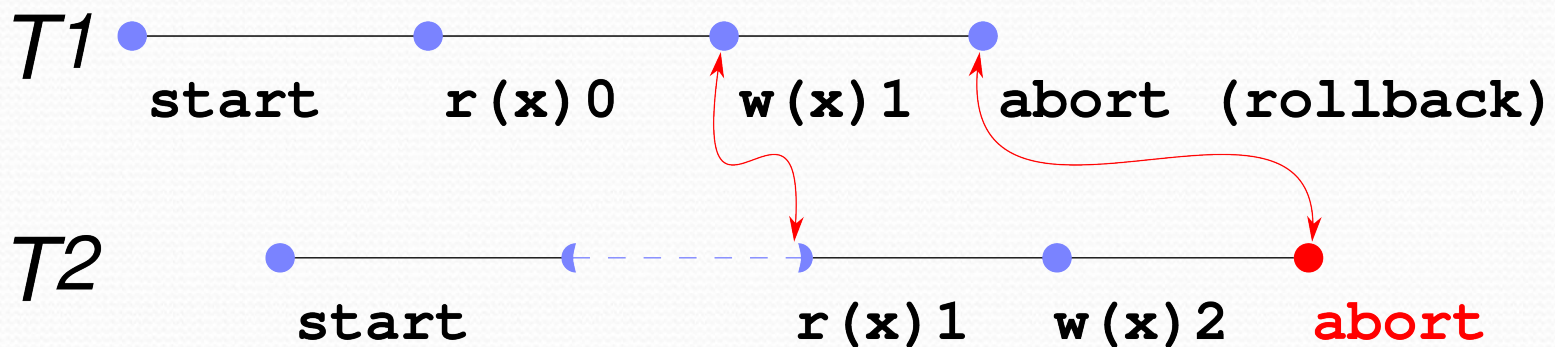
K. Siek, P.T. Wojciechowski. *A Formal Design of a Tool for Static Analysis of Upper Bounds on Object Calls*. FMICS'12. LNCS 7437.

Stan badań autora

Konieczność możliwości programistycznego wycofania transakcji (*rollback*) – SVA+R:

- Silniejsza (bardziej uniwersalna) abstrakcja
- Niezbędne dla mechanizmów tolerowania awarii

K. Siek, P.T. Wojciechowski. *Brief Announcement: Towards a Fully-Articulated Pessimistic Distributed Transactional Memory*. SPAA'13.



Możliwe kaskadowe wycofanie

- kompromis między bezpieczeństwem i elastycznością abstrakcji
- zapobieganie operacji na wcześnie zwolnionych obiektach

Stan badań autora

Bezpieczeństwo pamięci transakcyjnej:
nieprzejrzystość (*opacity*)

- Szeregowalność (*serializability*)
- Porządek czasu rzeczywistego (*real-time order*)
- Spójność (*consistency*)

R. Guerraoui, M. Kapałka. Principles of Transactional Memory. Morgan & Claypool 2010.

SVA spełnia nieprzejrzystość

SVA+R **nie spełnia warunku spójności**

Stan badań autora

Własności bezpieczeństwa i wczesne zwalnianie:

- *Serializability*
- *Elastic Opacity*
- *Virtual World Consistency*
- *TMS1 & TMS2*
- *Opacity*
- *Recoverability*
- *Avoiding Cascading Aborts*
- *Strictness*
- *Rigorousness*



K. Siek, P.T. Wojciechowski. *Zen and the Art of Concurrency Control: An Exploration of TM Safety Property Space with Early Release in Mind*. WTTM'14.

Stan badań autora

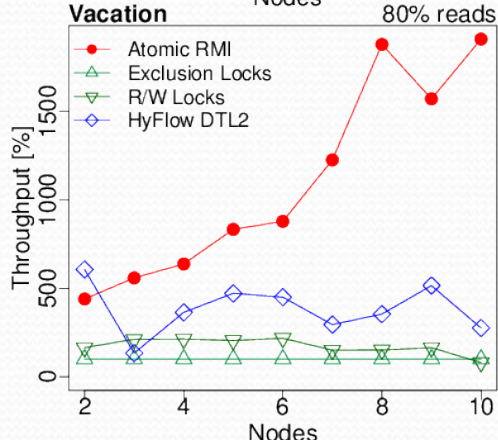
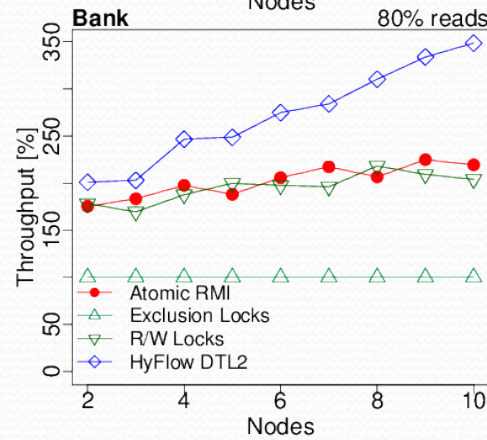
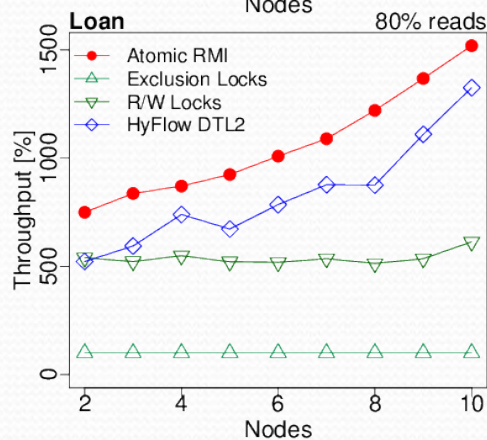
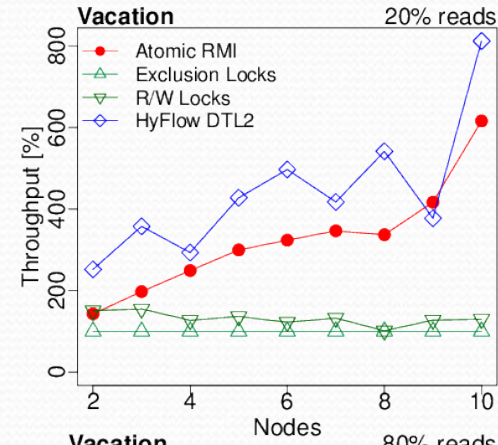
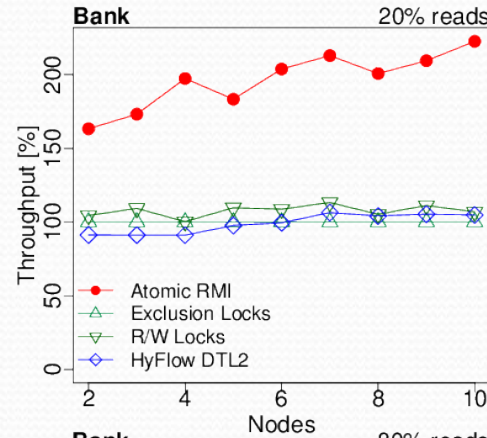
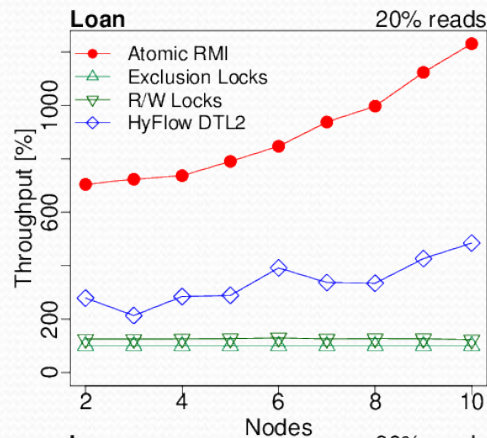
Nieprzejrzystość do ostatniego użycia (*last-use opacity*):

- Szeregowalność (*serializability*)
- Porządek czasu rzeczywistego (*real-time order*)
- Spójność do ostatniego użycia (*last-use consistency*)
- Odtwarzalność (*recoverability*)

K. Siek, P.T. Wojciechowski. *Brief Announcement: Relaxing Opacity in Pessimistic Transactional Memory*. DISC'14.

Stan badań autora

Atomic RMI: implementacja SVA+R:



K. Siek, P.T. Wojciechowski. *Atomic RMI: a Distributed Transactional Memory Framework*. HLPP'14. IJPP 2015.

Stan badań autora

OptSVA: rozróżnianie operacji w SVA+R

Inspiracja: R.J. Lipton. *Reduction: A Method of Proving Properties of Parallel Programs*. Comm. of the ACM. 1975.

- **Transakcja aktualizująca** – zapis opóźniony do zatwierdzenia
- **Zmienna tylko-do-odczytu** – buforowanie przy starcie i wczesne zwalnianie
- **Buforowanie zapisów** – zwolnienie przy ostatnim zapisie

OptSVA spełnia last-use opacity.

Optymalny algorytm spełniający last-use opacity.

Stan badań autora

Ostateczna spójność w rozproszonej pamięci transakcyjnej na podstawie SVA+R/OptSVA:

- Transakcja uruchomiona jednocześnie w dwóch trybach spójności:
 - **Tryb słaby** (*weak*) – nie czeka, działa na potencjalnie przestarzałych danych (*read isolation*).
 - **Tryb silny** (*strong*) – czeka jak transakcja SVA, ostatecznie uspójnia i zapisuje wyniki transakcji słabej.

P.T. Wojciechowski, K. Siek. *Having Your Cake and Eating it Too: Combining Strong and Eventual Consistency*. PaPEC'14.

Roboczy spis treści

1. Introduction
2. Distributed Transactional Memory
3. Versioning Algorithms for Pessimistic TM
 1. Early Release
 2. Rollback in Pessimistic TM
4. Safety and Consistency of Pessimistic TM
5. Optimal Last-use Opaque TM
6. Eventual Consistency in Distributed TM
7. Scheduling Pessimistic Transactions
8. Static Analysis of Transactional R/W Sets
9. Conclusions and Future Work

Plan pracy nad doktoratem

L.p.	Zadanie	Czas realizacji
1.	Propozycja algorytmu SVA+R	wykonane
3.	Propozycja własności bezpieczeństwa LU-opacity [oczekiwane na recenzje]	wykonane
4.	Dowodzenie poprawności SVA i SVA+R	wykonane
5.	Implementacja SVA+R (Atomic RMI) i analiza efektywności	wykonane
6.	Propozycja algorytmu OptSVA i dowodzenie poprawności, optymalności	wykonane
8.	Implementacja OptSVA i analiza efektywnościowa	02.2015
9.	Propozycja wariantu ostatecznie spójnego dla pamięci pesymistycznej	wykonane
10.	Propozycja własności bezpieczeństwa dla ostatecznej spójności	od 03.2014
11.	Implementacja ostatecznie spójnej pamięci pesymistycznej I analiza wydajności	od 03.2014
12.	Pisanie rozprawy doktorskiej	od 02.2014

Plan pracy nad doktoratem

Główne czynniki ryzyka:

- Recenzje artykułów (opóźnienie recenzji)
- Współpraca międzynarodowa (opóźnienia)
- Dydaktyka (reorganizacja czasu)

Publikacje autora

Rodzaj	Punkty MNiSW	Liczba
Artykuł	15	1
Artykuł	13	2
Artykuł	0	5
Raport techniczny	0	3
Rozdział monografii ang.	5	2

Suma: 51

Publikacje autora

- Konrad Siek, Paweł T. Wojciechowski. *Atomic RMI: a Distributed Transactional Memory Framework*. International Journal of Parallel Processing, 2015. **15 pt.** (przyjęty)
- Konrad Siek, Paweł T. Wojciechowski. *A Formal Design of a Tool for Static Analysis of Upper Bounds on Object Calls in Java*. In Proceedings of FMICS 2012: the 17th International Workshop on Formal Methods for Industrial Critical Systems. Lecture Notes in Computer Science 7437, pages 192–206. August 2012. **13 pt.**
- Konrad Siek, Paweł T. Wojciechowski. *Last-use Opacity: A Strong TM Safety Property with Early Release Support*. Theoretical Computer Science. **20 pt.** (w recenzji od 11.07.2014)
- Konrad Siek, Paweł T. Wojciechowski. *Transactions Scheduled While You Wait: Augmenting Transactional Memory with a Sorting Queue*. Parallel Computing. **35 pt.** (w recenzji od 21.11.2014)

Liczba cytowań, Thomson-Reuters: **1**, Google Scholar: **11** (odjęte autocytowania).

Działalność B+R autora

Ostatecznie spójna replikacja: algorytmy i metody. NCN, projekt nr 2012/07/B/ST6/01230.

Sterowanie współbieżnością i odporność na awarie dla rozproszonej pamięci transakcyjnej. NCN, projekt nr 2012/06/M/ST6/00463.

Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki i społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW), Program Operacyjny - Innowacyjna Gospodarka na lata 2007 - 2013, Priorytet 1 - Badania i rozwój nowoczesnych technologii. Nr projektu: POIG.01.03.01-00-008/08 .

Transactional memories: foundations, algorithms, tools, and applications (Euro-TM). COST, Action IC 1001. (Management committee substitute member for Poland).

Informacja o promotorze

dr hab. inż. Paweł T. Wojciechowski, PP

H-index: 3 (Thomson-Reuters), 13 (Google Scholar)

- Paweł T. Wojciechowski, Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński. *Model-Driven Comparison of State-Machine-based and Deferred-Update Replication Schemes*. Submitted to IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems.
- Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński, Paweł T. Wojciechowski. Introduction to Transactional Replication. Rozdział w "*Transactional Memory: Foundations, Algorithms, Tools, and Applications*". Eds. Rachid Guerraoui and Paolo Romano. Springer, 2015.
- Maciej Kokociński, Tadeusz Kobus, Paweł T. Wojciechowski. *Make the Leader Work: Executive Deferred Update Replication*. SRDS '14: the 33rd IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems, 2014.
- Tadeusz Kobus, Maciej Kokociński, Paweł T. Wojciechowski. *Hybrid Replication: State-Machine-based and Deferred-Update Replication Schemes Combined*. ICDCS '13: the 33rd IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, 2013.
- Peter Sewell, Paweł T. Wojciechowski, Asis Unyapoth. *Nomadic Pict: Programming Languages, Communication Infrastructure Overlays, and Semantics for Mobile Computation*. ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS), Volume 32 Issue 4, April 2010.