

Prof. dr hab. inż. Jan Sikora,
Politechnika Lubelska,
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Instytut Elektroniki i Technik Informacyjnych,
ul. Nadbystrzycka 38A,
20-618 Lublin,
Fax: (+81) 53 84 312,
Tel: (+81) 53 84 309,
e-mail: sik59@wp.pl

Warszawa 05.11.2014

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Majchrowicza
pt. **“Algorytmy przetwarzania danych w rozproszonych środowiskach
heterogenicznych dla potrzeb tomografii”**

Recenzja niniejsza została opracowana na podstawie uchwały Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej z dnia 10.06.2014 r.

1. Temat, zakres i cel rozprawy

Tomografia Procesowa jest dynamicznie rozwijającą się metodą diagnostyczną, która pozwala na bezinwazyjne diagnozowanie procesów przemysłowych. Automatyzacja procesu analizy uzyskiwanych obrazów pozwala na wykorzystanie ich do kontroli i sterowania procesów szybko zmiennych. Niemniej jednak konstrukcja obrazu o wystarczającej rozdzielczości przestrzennej wymaga przeprowadzenia wielu czasochłonnych obliczeń, co w znacznym stopniu ogranicza przemysłowe zastosowania Tomografii Procesowej.

Praca dotyczy zastosowania elektrycznej tomografii pojemnościowej do monitorowania i kontroli procesów przemysłowych w czasie rzeczywistym poprzez przyspieszenie procesu konstrukcji obrazu dzięki zastosowaniu zaproponowanej przez Doktorantów (Doktorant pracował w zespole dwuosobowym) rozproszonej architektury heterogenicznej. W tym celu konieczne było opracowanie przez Doktoranta autorskich algorytmów, które umożliwiłyby rozproszenie nie tylko danych, ale także obliczeń, łącząc przy tym wykonanie zadań zarówno na procesorach tradycyjnych (CPU) jak i graficznych (GPU).

I tu pozwolę sobie na cytaty z pracy:

„W celu osiągnięcia rekonstrukcji obrazu 3D w ECT w czasie rzeczywistym podsystem odpowiedzialny za obliczenia musi być w stanie przekształcić dane w czasie ułamków sekund, co jest trudne do osiągnięcia, ponieważ zazwyczaj obraz 3D uzyskiwany za pomocą ECT może składać się z wielu pikseli (*wokseli raczej, przypisek recenzenta*) (Beck i Williams, 1995) (Beck i Williams, 1996). W związku z tym wykorzystanie techniki 3D ECT wiąże się z dużą złożonością obliczeniową, a rekonstrukcja obrazów 3D w ECT w czasie rzeczywistym nie jest możliwa za pomocą klasycznego systemu z jednym procesorem.”

Warto podkreślić za Doktorantem i tu znowu przytoczę cytaty z Jego pracy doktorskiej:

„Niemniej jednak do tej pory nie stosowano rozproszonych systemów, a tym bardziej rozproszonych systemów heterogenicznych multi-GPU do przyspieszenia procesu rekonstrukcji obrazu w Elektrycznej Tomografii Pojemnościowej, a tym bardziej ETC 3D.”

W pełni zgadzam się z opiniami Doktoranta w obu tych kwestiach.

Biorąc powyższe pod uwagę, możemy stwierdzić, jak istotne znaczenie mają prace badawcze, których celem jest przyspieszenie procesu konstrukcji obrazu poprzez zastosowanie techniki obliczeń równoległych w systemach rozproszonych.

Przedstawiona do oceny praca wychodzi naprzeciw wymienionym wyżej potrzebom.

Praca została podzielona na sześć rozdziałów.

Rozdział 1

Zawiera wstęp, w którym zawarte są cel i teza pracy oraz ogólny opis zadań, jakie Doktorant musiał wykonać.

Rozdział 2

Opisuje stan wiedzy podzielony na dwie części. W pierwszej zawarte zostały podstawowe informacje z dziedziny tomografii procesowej ze szczególnym uwzględnieniem elektrycznej tomografii pojemnościowej. W drugiej części opisane zostały podstawowe informacje z dziedziny systemów rozproszonych. W rozdziale tym opisane zostały również krótki opis problemów wynikający z procesu rozpraszania i zrównoleglania obliczeń ze szczególnym uwzględnieniem praw Amdahla i Gustafsona.

Rozdział 3

W rozdziale tym opisano badania właściwości systemu rozproszonego wykorzystującego platformę Xgrid jako medium transmisji. Przedstawiono szczegółową analizę sposobu zapisu zadań przez platformę Xgrid jak i wydajności samej platformy pod kątem przesyłania danych tomograficznych. W rozdziale zawarty został opis metodyki przeprowadzanych badań, jak i ich wyniki. Doktorant sprawdził trzy metody wykonywania zadań w środowisku Xgrid („restart”, „run” i „batch”) dla czterech konfiguracji (z jednym, dwoma, czterema i ośmioma komputerami). Badania zostały przeprowadzone zarówno dla wektora danych pomiarowych (C), jak dziesięciu rozmiarów wektora obrazu (ϵ_k).

Rozdział 4

Zawiera opis projektu systemu rozproszonego wykorzystującego platformę Xgrid dla potrzeb elektrycznej tomografii pojemnościowej. Opis systemu rozproszonego o topologii gwiazdy. Analiza opracowanego systemu rozproszonego, opis badań eksperymentalnych i uzyskanych wyników. W rozdziale tym przedstawiono wyniki jakie uzyskano dla algorytmu LBP, który poprzez rozproszenie udało się przyspieszyć ponad sześciokrotnie. W przypadku algorytmu Landwebera uzyskano prawie dwu i pół krotne przyspieszenie.

Rozdział 5

Zawiera szczegółowy opis autorskiego systemu obliczeń rozproszonych KISDC (KIS Distributed Computing). Założenia projektu, koncepcja heterogenicznego systemu do obliczeń rozproszonych, opis implementacji systemu i jego optymalizacji dla różnych konfiguracji sieciowych. W rozdziale tym zawarty jest opis architektury warstwowej zaprojektowanego systemu, wykorzystywanych w nim struktur i algorytmów. Przedstawiono również porównanie różnych protokołów sieciowych (HTTP, FTP, SMB i Xgrid) pod kątem przesyłania danych tomograficznych. Kolejnym etapem jest porównanie czasu rekonstrukcji obrazu z wykorzystaniem systemu Xgrid i KISDC. Na sam koniec autor opisuje algorytm rozpraszania danych i obliczeń oraz dwie wersje algorytmu Landwebera wykonywanego w środowisku rozproszonym.

Rozdział 6

W rozdziale tym zawarto podsumowanie i wnioski końcowe.

Pracę zamyka bibliografia obejmująca 133 pozycje literatury. Bogaty wykaz aktualnej literatury przedmiotu zawiera aż 22 pozycje, w których Doktorant jest współautorem. We wszystkich publikowanych pracach dr inż. P. Kapusta jest współautorem, raz na miejscu pierwszym jako autor wiodący a raz Doktorant w roli autora wiodącego. W mojej opinii świadczy to po pierwsze o dobrej współpracy pomiędzy oboma Panami a po drugie o umiejętności Doktoranta pracy w zespole.

W ramach pracy Doktorant opracował dwa systemy rozproszone pozwalające na przyspieszenie konstrukcji obrazu w tomografii dyfuzyjnej (w tym elektrycznej tomografii pojemnościowej) poprzez wykorzystanie mocy obliczeniowej wielu węzłów. W ramach systemu opracowany został algorytm rozpraszania danych i obliczeń, który został wykorzystany do opracowania rozproszonego algorytmu Landwebera i rozproszonego algorytmu Landwebera wykorzystującego buforowanie ramek. Przyspieszenie procesu rekonstrukcji obrazu oraz dalszy rozwój czujników, to główne wyzwania z jakimi naukowcy muszą sobie poradzić zanim elektryczna tomografia pojemnościowa będzie mogła być wykorzystywana w przemyśle do monitorowania i kontroli procesów szybkozmiennych. Do przykładowych aplikacji ETC można zaliczyć: monitorowanie przepływu ropy i gazu w rurociągach, przepływ materiałów sypkich w instalacjach pneumatycznych, czy przepływ grawitacyjny w silosach.

Do najważniejszych osiągnięć pracy zaliczam:

- 1) opracowanie przez Doktoranta autorskich algorytmów, umożliwiających wykonywanie obliczeń w systemie rozproszonym. Algorytmy te są na tyle elastyczne, iż dzięki nim możliwe jest przeprowadzanie procesu konstrukcji obrazów 3D jednocześnie przy wykorzystaniu procesorów CPU jak i GPU, połączonych ze sobą w systemie rozproszonym w niemal dowolnej konfiguracji.
- 2) opracowanie rozwiązań programistycznych składających się na warstwę sieciową opracowanego systemu. W jej skład wchodzi algorytmy podziału i dystrybucji danych

między węzłami rozproszonego systemu, oraz algorytmy komunikacji pomiędzy poszczególnymi jednostkami obliczeniowymi w całym systemie. Celem Doktoranta było osiągnięcie jak najmniejszych opóźnień w komunikacji pomiędzy urządzeniami, co jest niezmiernie istotne w systemach przemysłowych, mających zapewnić wizualizację zachodzących procesów w czasie rzeczywistym.

Biorąc powyższe pod uwagę mogę stwierdzić, że **tematyka pracy jest bardzo ważna i aktualna, a wybór tematu uważam za trafny. Ogólna wiedza Autora rozprawy stoi na bardzo wysokim poziomie.**

2. Ocena rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Majchrowicza jest napisana na wysokim poziomie merytorycznym. Tematyka podjęta w pracy jest tematyką interdyscyplinarną. Wymagała od Autora bardzo dobrej znajomości między innymi: fizyki, matematyki, nowoczesnych metod numerycznych oraz dogłębnej znajomości zaawansowanych zagadnień informatyki. Układ pracy uważam za prawidłowy i niewymagający żadnych zmian ani uzupełnień.

Rozdziały trzeci, czwarty i piąty w których Autor przedstawił swoje własne algorytmy konstrukcji obrazu dla tomografii pojemnościowej, opracowane dla architektur równoległych, **co jak wspomniałem, stanowi istotny dorobek Autora pracy i dowodzi, że został samodzielnie rozwiązany cały szereg niezwykle trudnych zagadnień, oraz że Autor wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej Informatyka.**

3. Uwagi i pytania natury ogólnej

Pracę przeczytałem z ogromnym zainteresowaniem. W trakcie czytania pracy, nasunęły mi się następujące uwagi i komentarze.

Pisząc o celach pracy w punkcie pierwszym Doktorant wymienia zwiększenie liczby pomiarów (zmiana konstrukcji czujników i układów elektronicznych, co pozwoli na zwiększenie rozdzielczości obrazu). Moim zdaniem sprawa nie jest taka prosta. Nie bez przyczyny ten rodzaj obrazowania jest powszechnie uznawany za sposób generowania obrazów o niskiej rozdzielczości przestrzennej.

Zwiększanie liczby elektrod pomiarowych na określonym brzegu, siłą rzeczy prowadzi do zmniejszenia powierzchni okładek. Skutkuje to z jednej strony zmniejszeniem pojemności mierzonych, które i tak nie są za wielkie, a z pomiarem których wiążą się ogromne trudności. Z drugiej strony wzrost liczby elektrod powoduje że w procesie tworzenia obrazu mamy do czynienia z coraz gorszym uwarunkowaniem macierzy bo jej wiersze stają się po prostu coraz bardziej liniowo zależne. Zmusza to nas do stosowania różnych metod poprawy jakości procesu obrazowania, jak to określa środowisko łódzkie procesu rekonstrukcji obrazu.

Autor zbyt mało uwagi przywiązał do sformułowania tezy i brzmi ona nieco trywialnie. A przecież praca jest ciekawa i z pewnością można byłoby sformułować ją znacznie lepiej.

Na stronie 15 pracy mamy następujące stwierdzenie, które jest dla mnie niejasne i proszę o wyjaśnienie w trakcie obrony, cytuję:

„ Do rekonstrukcji obrazu wykorzystywane są wyniki pomiarów pomiędzy wszystkimi niezależnymi parami elektrod.....”. Jak Pan określa niezależne pary elektrod? Wiąże się z tym problem wzoru (2.1) ze strony następnej.

Aby sprowokować dyskusję w trakcie obrony, prosiłbym doktoranta o wyjaśnienie następującej kwestii: czy rozważał Pan możliwość wyznaczenia macierzy wrażliwości wykorzystując stan sprzężony? Czy i jak wpłynęłoby to na ewentualne przyspieszenie obliczeń?

Praca napisana jest bardzo starannie. Autor bardzo skrupulatnie przedstawia dokonania innych autorów, za każdym razem cytując ich pozycje.

Doktorant ściśle współpracował z kolegą dr inż. Pawłem Kapustą o czym pisze otwarcie na stronie 9-tej swojej dysertacji. Aby nie było żadnych niedomówień uproszczony schemat podziału zadań badawczych przedstawiono na rysunku 1.1 ze str. 10. Zagadnienia tomografii są na tyle skomplikowane, że praca indywidualna nie zdoła zamienić się w sukces. Doktorant udowodnił, co zaznaczyłem wcześniej, że potrafi pracować w zespole. Nie jest to sprawą łatwą szczególnie w Informatyce. Podział zadań nie budzi moich zastrzeżeń.

4. Uwagi szczegółowe

Praca, jak już wspomniałem, napisana jest bardzo starannie, co spowodowało, że liczba szczegółowych uwag jest niewielka.

1. Str. 5. W pracy mamy cytując: „... S^T - transponowana macierz czułości (mxn elementów) – forma pseudoodwrotności S^+ ...”. To samo stwierdzenie jest powtórzone na stronie 17. Ja tego nie rozumiem i bardzo proszę o wyjaśnienie tego zagadnienia w trakcie obrony.
2. Str. 42. Mamy: „...wektor wartości pola elektrycznego ϵ_k ”. Z wartością pola elektrycznego zwykle kojarzymy wektor natężenia pola elektrycznego w V/m. A w tym wypadku mamy do czynienia ze współczynnikiem materiałowym środowiska.
3. Str. 88. Mamy: „ ... i sposób zapisu danych) macierzy czułości S . Od jej rozmiaru, a co za tym idzie również rozmiaru odwróconej macierzy czułości S^T , bezpośrednio zależy ilość obliczeń ... „ Macierz S^T jest macierzą transponowaną a nie macierzą odwrotną, jak pisze Autor.

Zamieszczone powyżej uwagi szczegółowe mają jedynie charakter porządkowy i nie mają wpływu na bardzo wysoką ocenę merytoryczną pracy. Treść rozprawy odpowiada tematowi określoneemu w tytule, następstwo rozdziałów jest właściwe. Strona redakcyjna rozprawy, stoi na bardzo wysokim poziomie.

5. Podsumowanie

Praca stanowi samodzielne i kompleksowe rozwiązanie bardzo ciekawego, ale zarazem niezwykle trudnego zadania naukowego. Autor rozprawy wykazał się bardzo dobrą znajomością tematyki podjętej w rozprawie.

W świetle przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dziennik Ustaw Nr 65, Poz. 595, Art. 13, p. 1) stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Michała Majchrowicza pt.: “ Algorytmy

przetwarzania danych w rozproszonych środowiskach heterogenicznych dla potrzeb tomografii” spełnia wymagania i stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej dyskusji i obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. J. M.' or similar, written in a cursive style.