Realizacja frontalnego solwera MES z wykorzystaniem technologii OpenCL

Paweł J. Wal

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Sesja Kół Naukowych AGH, 2014

Agenda

Solwer frontalny

- Bruce Irons, 1970
- Motywacja jego pracy:
  - Relatywnie niewielka moc obliczeniowa
  - Ograniczona pamięć operacyjna (96kB)
  - Rosnący rozmiar problemów do rozwiązania
- Analogie z problematyką GPU
  - Ograniczony rozmiar pamięci operacyjnej
  - Kosztowny transfer między gospodarzem a urządzeniem

Cele projektu
Główne założenia

- Wykorzystanie ducha pracy Ironsa
  - Rozwiązanie współbieżne
  - Wykorzystanie możliwości równoległości masowej w GPGPU
- Wykorzystanie możliwości urządzeń obliczeniowych
  - Rozłożenie rozwiązania układu równań liniowych na szereg mniejszych, częściowo zależnych podproblemów

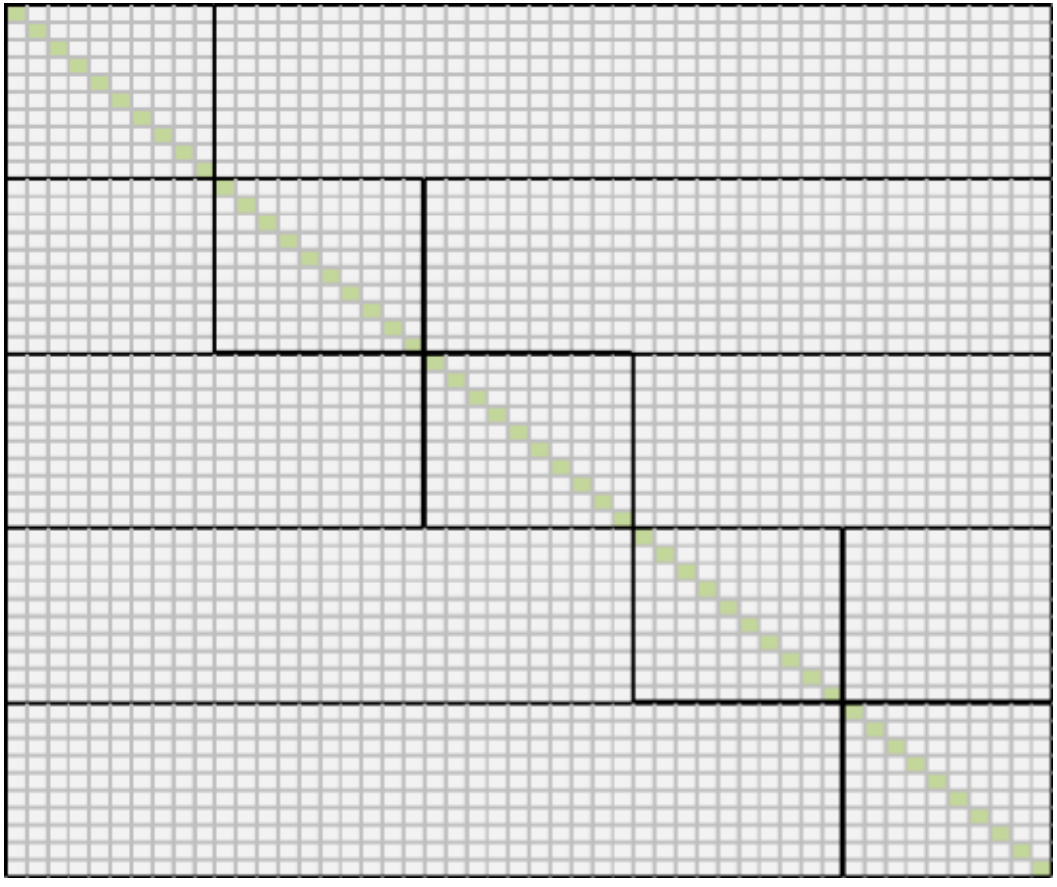
Cele projektu

Stworzenie rozwiązania uniwersalnego

- Czarna skrzynka
- Brak konieczności integracji z programem MES
- Możliwość rozwiązywania układów równań z różnych klas problemów
- Przenośność między systemami operacyjnymi
- Przenośność między urządzeniami obliczeniowymi

Algorytm

Metoda wydzielania frontów rozwiązania

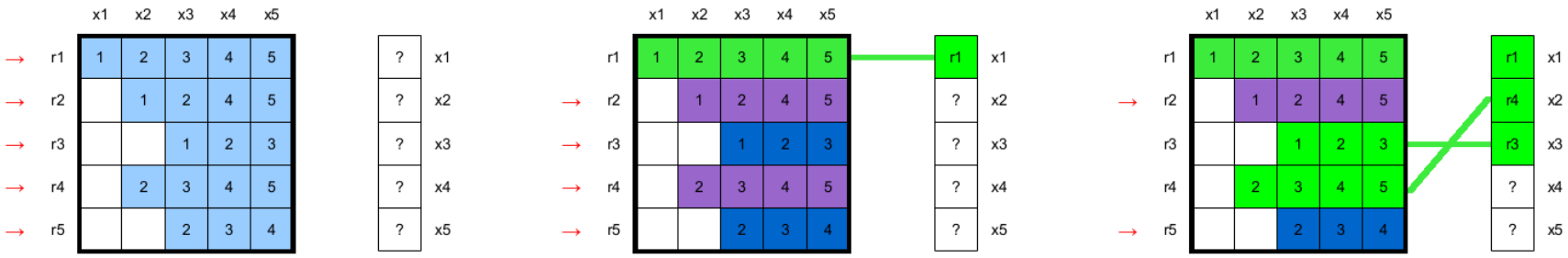


Algorytm
Równoległy wariant metody Gaussa

- Operacje elementarne na macierzach
  - Mnożenie i dodawanie wierszy
  - Zamiana wierszy
- Koncepcja mapy
  - Uniknięcie kosztownej, fizycznej zamiany wierszy
- Przywracanie formy macierzy schodkowej
  - Unikalny pierwszy wyraz niezerowy w wierszu
  - Mapa:
    - Pozwala na szybką weryfikację unikalności
    - Informuje względem którego wiersza prowadzić eliminację

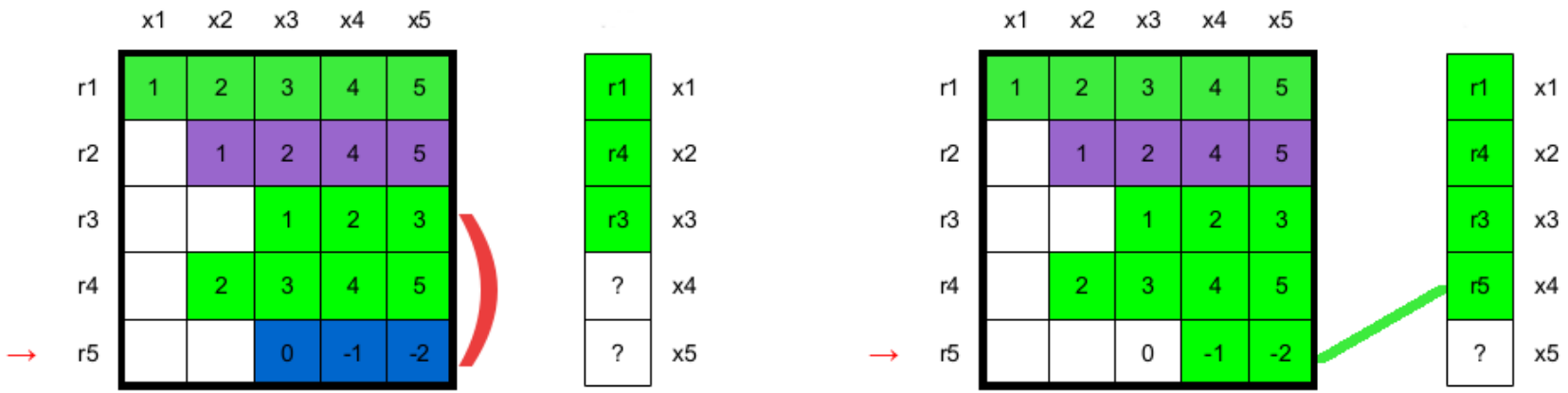
Algorytm

Równoległy wariant metody Gaussa



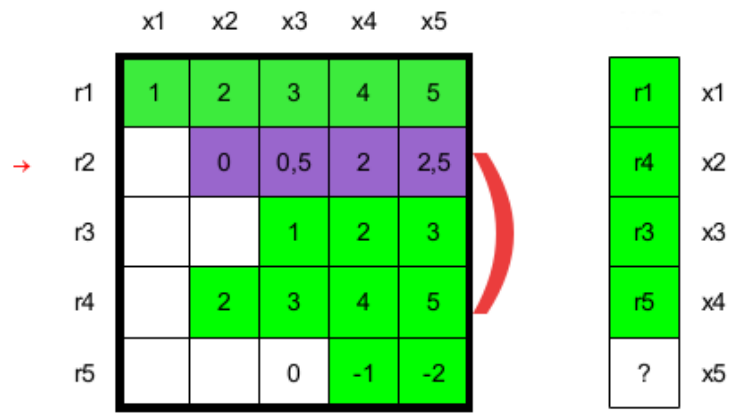
Algorytm

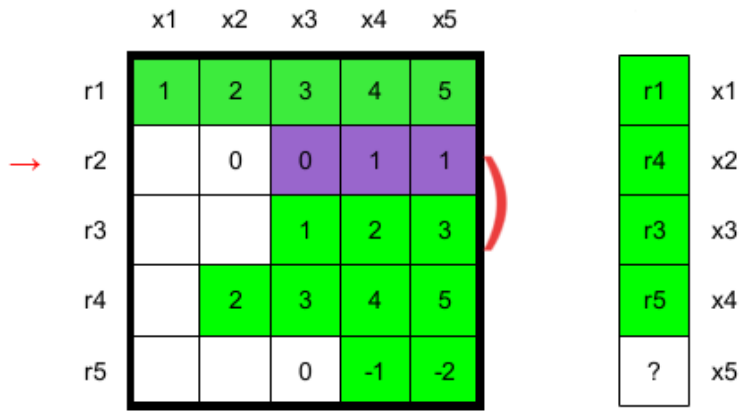
Równoległy wariant metody Gaussa

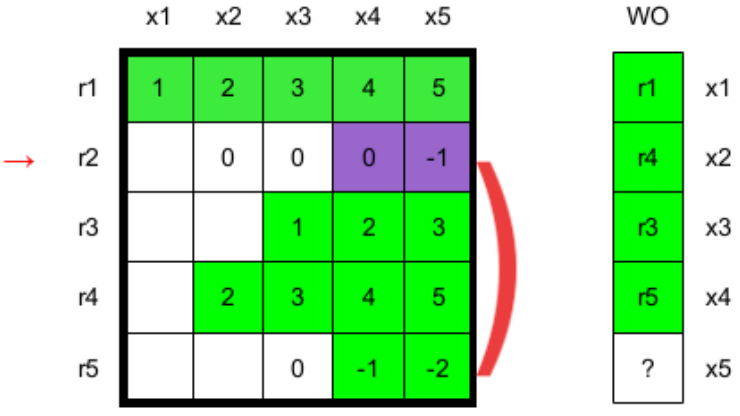


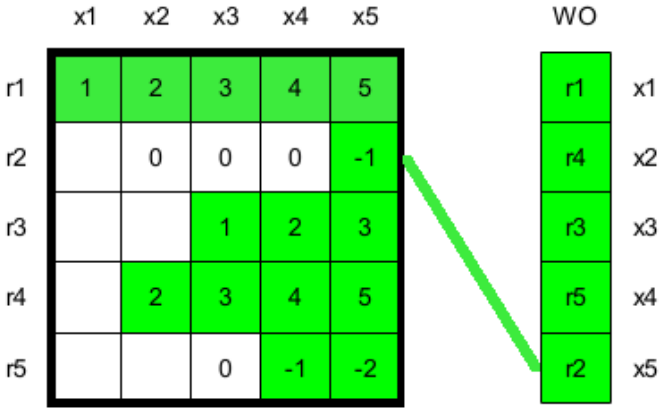
Algorytm

Równoległy wariant metody Gaussa









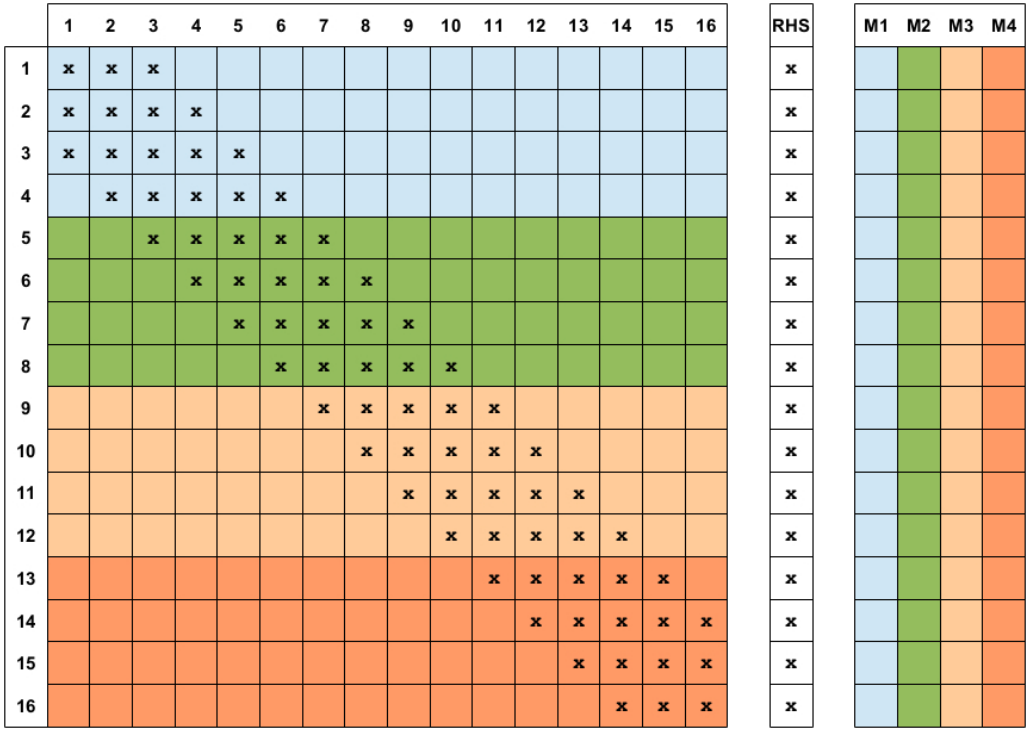
Realizacja projektu
Problemy równoległości masowej

- Wewnątrz części macierzy (frontu) wydzielane są grupy robocze
  - Wynika to z architektury urządzeń obliczeniowych
- Przedstawiony wcześniej algorytm działa w obrębie grupy
  - Pewność, iż nie ma konfliktujących wierszy w obrębie grupy
  - Co z konfliktami w obrębie całego frontu?
  - Co z konfliktami w obrębie całej macierzy?
- Rozwiązanie
  - Dodatkowy kernel na urządzeniu obliczeniowym
  - Dodatkowa faza przetwarzania na CPU

Realizacja projektu

Przykład funkcjonowania jednego frontu

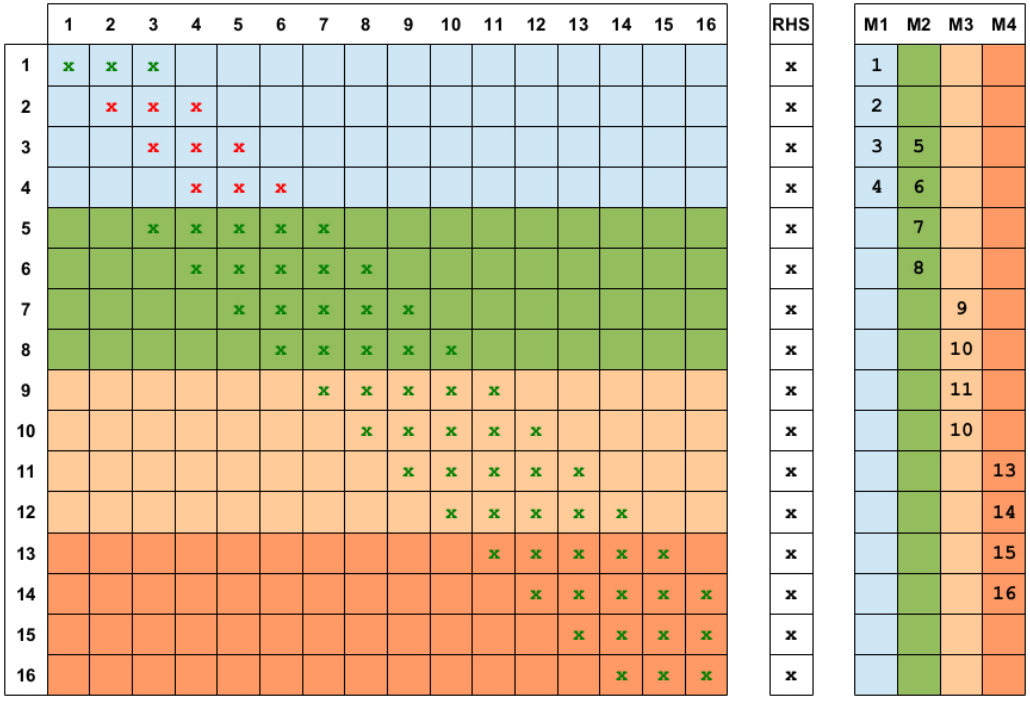
- Istnieje tyle lokalnych map, ile grup roboczych
- Przynależność map oznaczono kolorem



Realizacja projektu

Przykład funkcjonowania jednego frontu

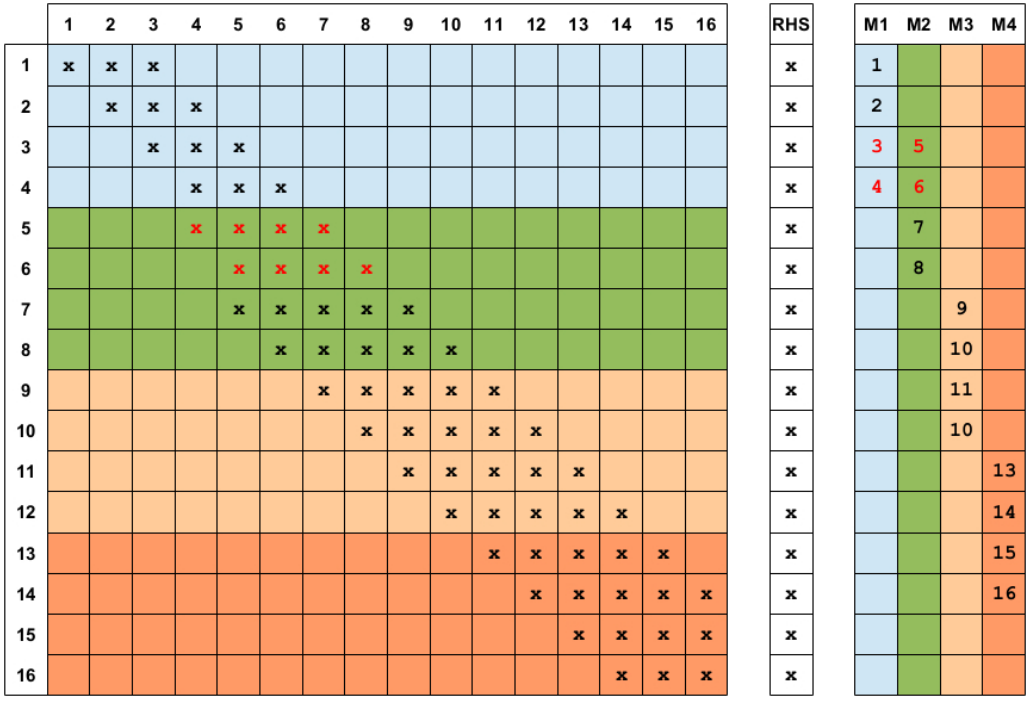
- Konflikty w obrębie grup zostały rozwiązane
- Istnieją konflikty w obrębie frontu



Realizacja projektu

Przykład funkcjonowania jednego frontu

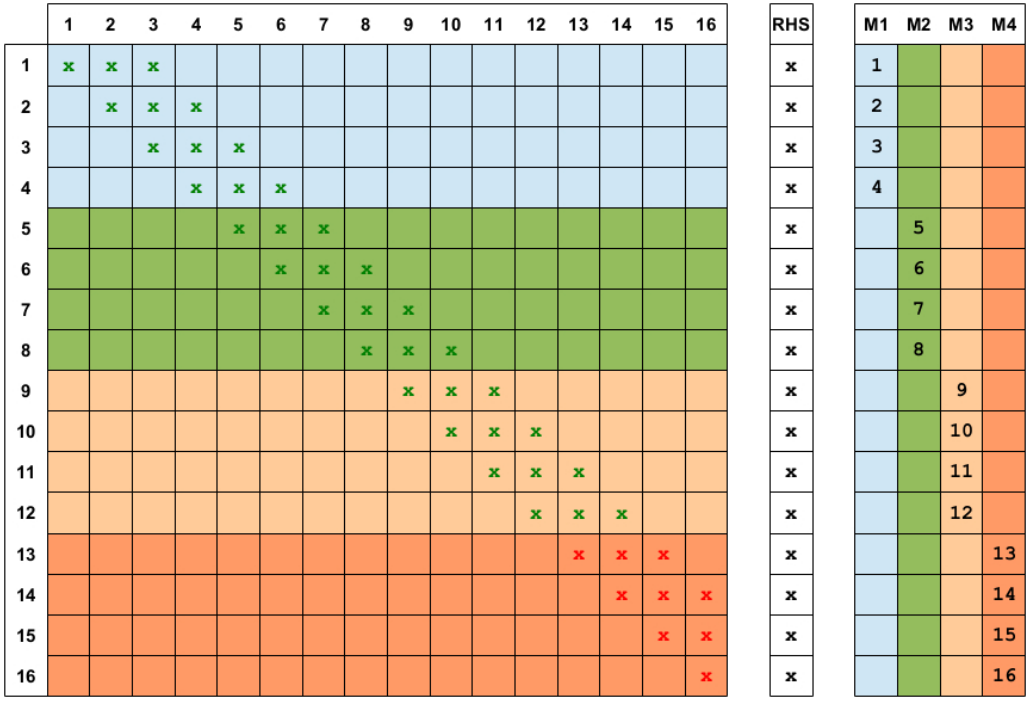
- Konflikty w obrębie frontu zostały rozwiązane
- Poczyniono zmiany: czy nie powstały nowe konflikty w obrębie grup roboczych?



Realizacja projektu

Przykład funkcjonowania jednego frontu

- Kernele wykonywane naprzemiennie dopóki drugi nie zgłosi zerowej ilości wykonanych operacji
- Kiedy wszystkie części skończą przetwarzanie analogiczna operacja jest powtarzana po stronie hosta

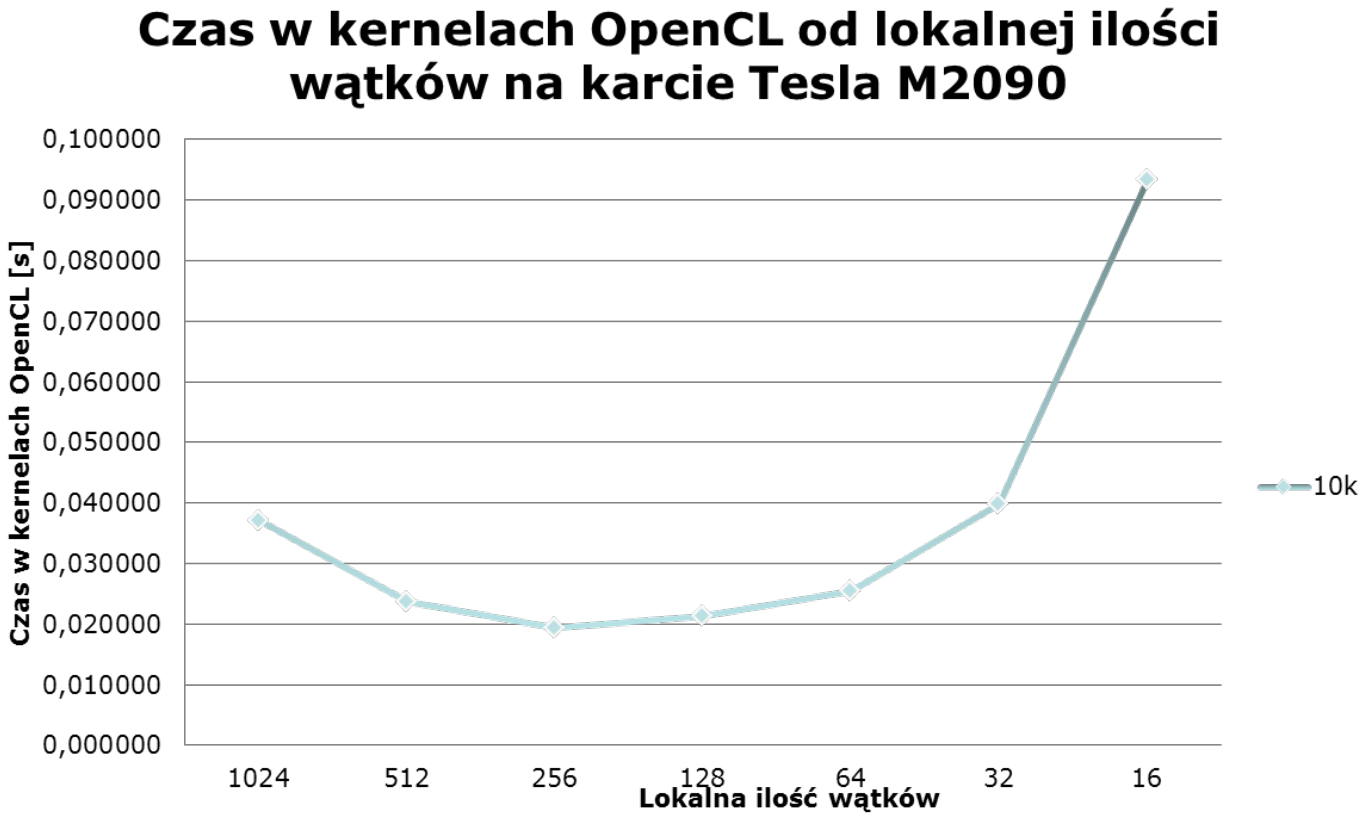


Realizacja projektu
Paradygmat czarnej skrzynki

- Projekt zrealizowany jako biblioteka nagłówkowa
  - Nie wymaga dodatkowej kompilacji i linkowania ze strony użytkownika
  - Kompiluje się razem z kodem użytkownika
- Nie wymaga informacji o rozwiązywanym problemie
  - Nie integruje się z siatką MES
  - Może rozwiązywać dowolne problemy postawione jako układ równań liniowych
- Eksponuje wygodny interfejs
  - Dostarczany jest jeden wielofunkcyjny obiekt
  - Dostarczane są funkcje konwersji z macierzy użytkownika do wewnętrznych macierzy solwera
- Pozwala na wymianę kerneli już po skompilowaniu kodukur

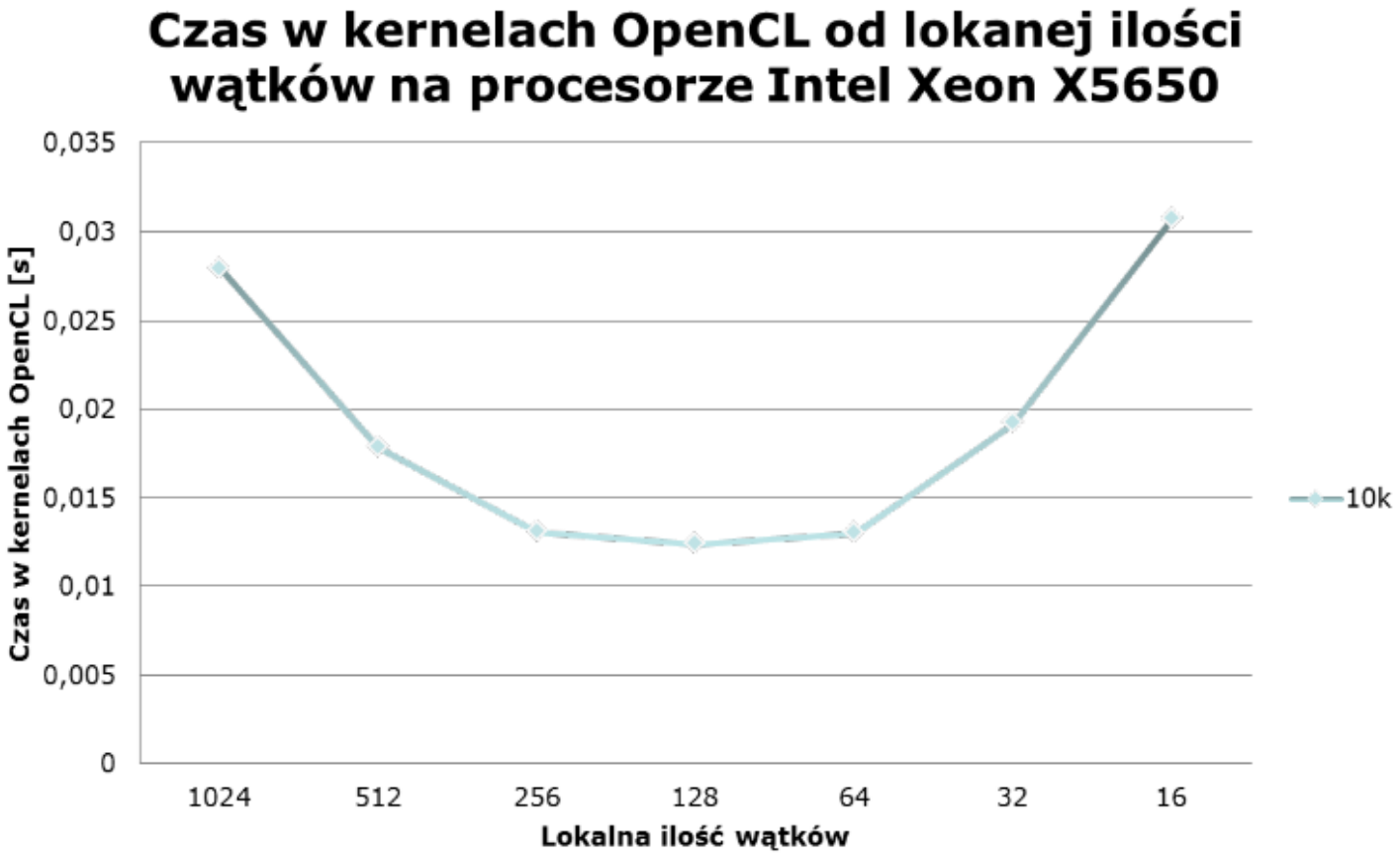
Badania wydajności

Optymalna liczba wątków dla badanych urządzeń



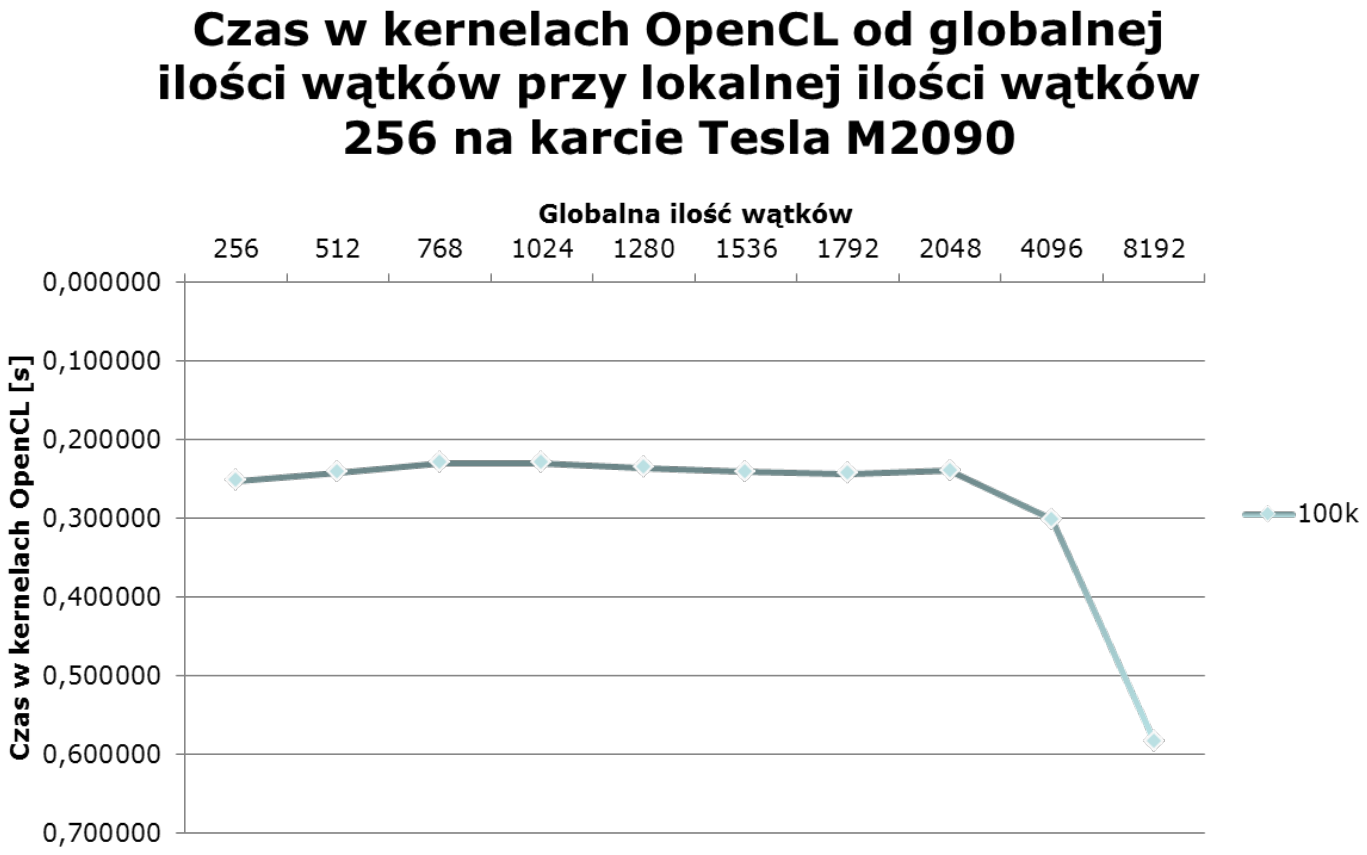
Badania wydajności

Optymalna liczba wątków dla badanych urządzeń



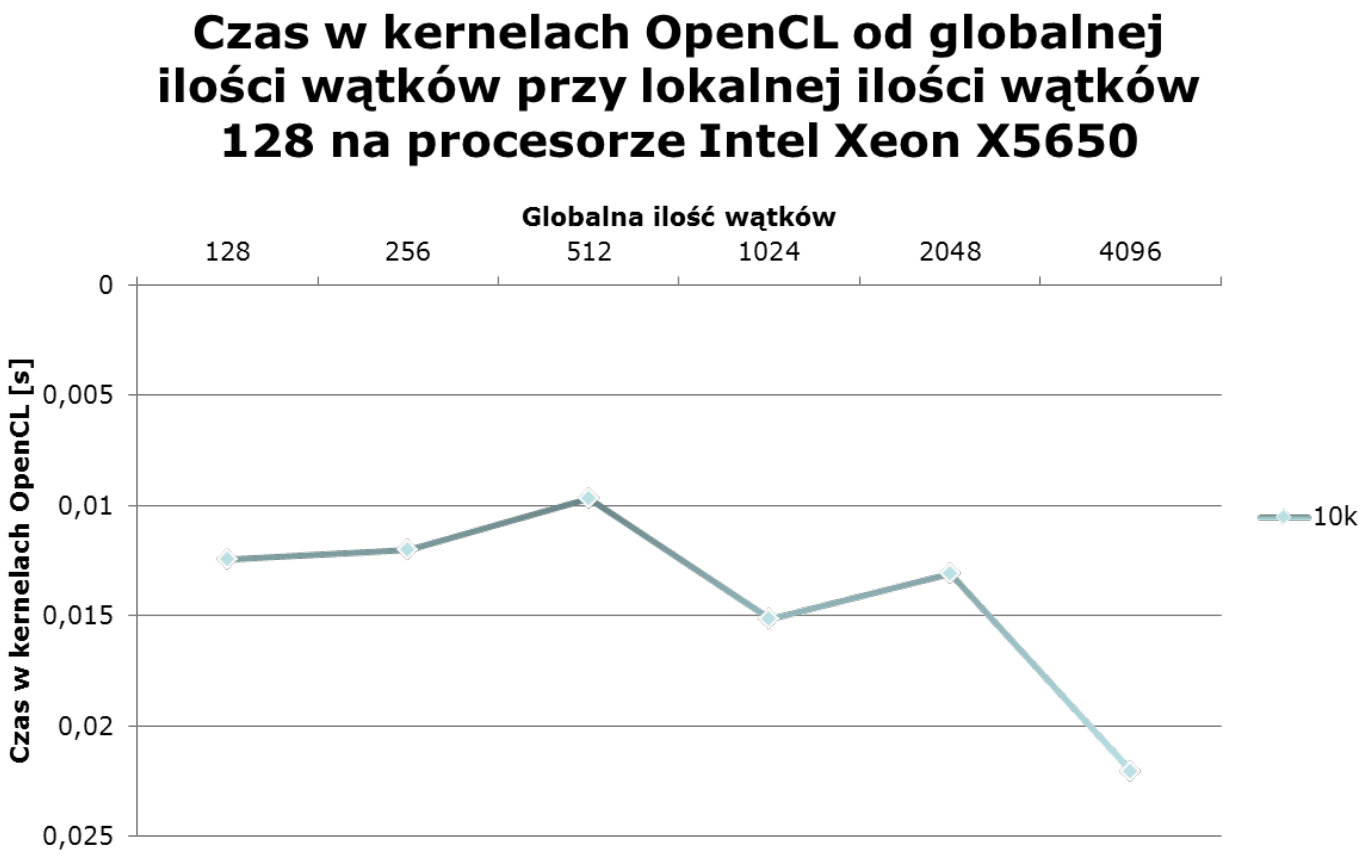
Badania wydajności

Przyspieszenie w zależności od globalnej ilości wątków



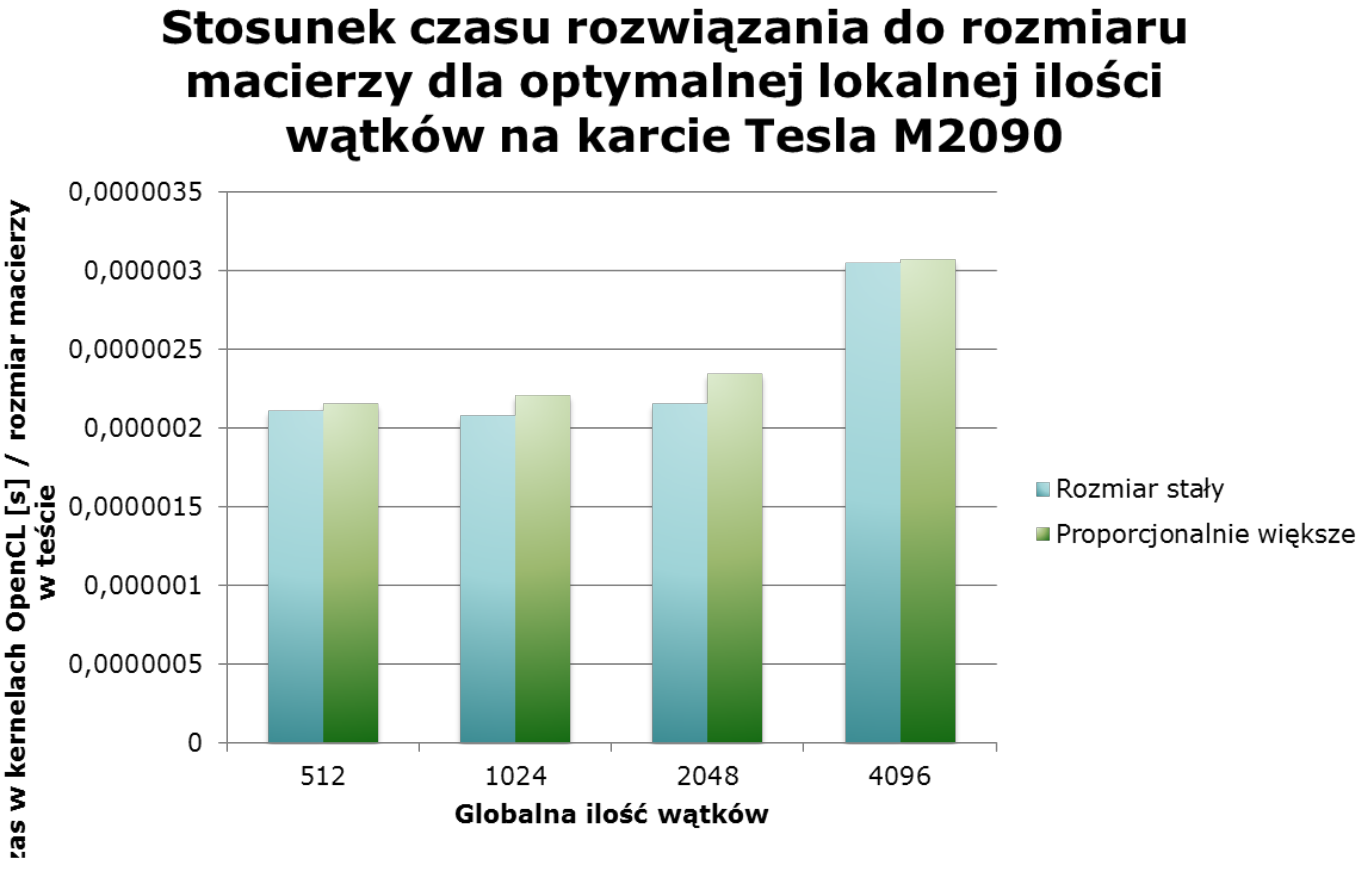
Badania wydajności

Przyspieszenie w zależności od globalnej ilości wątków



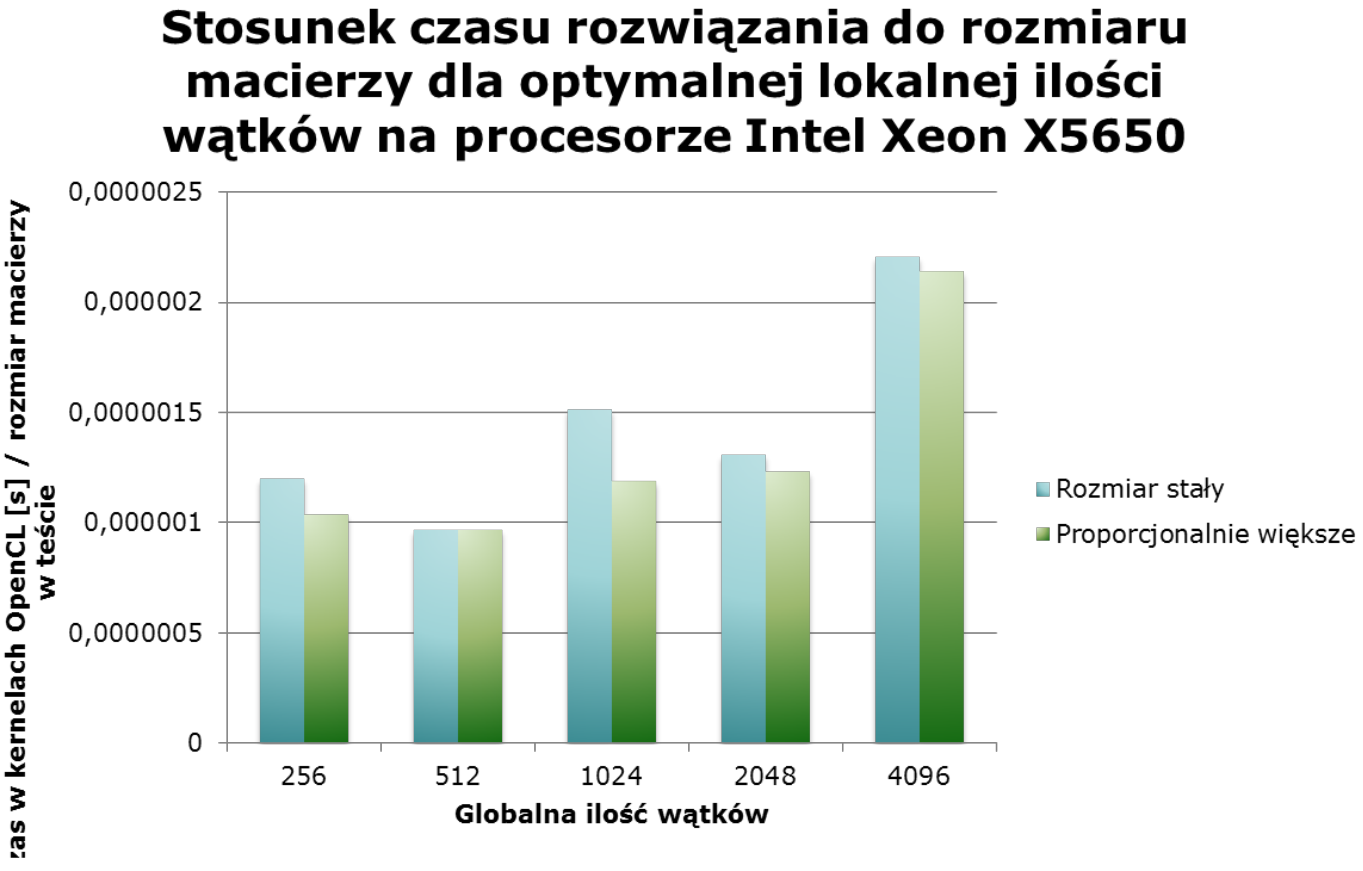
Badania wydajności

Skalowalność



Badania wydajności

Skalowalność



Podsumowanie projektu

Wykonana praca

- Stworzono równoległy algorytm rozwiązywania układów równań w oparciu o metodę Gaussa
- Zaproponowano masowo równoległy, frontalny solwer MES z wykorzystaniem technologii OpenCL
- Oprogramowanie powstało zgodnie z paradygmatem czarnej skrzynki
  - Łatwe w przeniesieniu między systemami operacyjnymi i urządzeniami
  - Łatwe w implementacji w innych projektach

Podsumowanie projektu

Kontynuacja projektu

- Kontynuowana jest praca nad projektem
  - Wykorzystanie wielu urządzeń na jednym węźle obliczeniowym
  - Rozproszenie obliczeń na wiele węzłów