Wrocław, dn. 10 czerwca 2015r.

Politechnika Wrocławska

Aplikacje Internetowe i Rozproszone

Obliczanie przybliżenia liczby Pi.

Dokumentacja końcowa

Grupa projektowa:
Paweł Sternik, 200623
Kamil Cichuta, ???
Mariusz Cebula, ???
Sławomir Sygut, ???

Prowadzący:
dr inż. Marek Woda

Termin spotkań:

Środa, godz. 07:30

Spis treści

1 Temat projektu.

Tematem projektu realizowanego w ramach kursu Aplikacje Internetowe i Rozproszone było wyznaczanie rozszerzenia liczby Pi z wykorzystaniem algorytmu Monte Carlo. Realizacja wymagała implementacji kilku modułów stanowiących cały system.

2 Cel projektu.

2.1 Cel dydaktyczny.

Głównym celem dydaktycznym kursu było zapoznanie się z technologiami wykorzystywanymi do tworzenia rozproszonych aplikacji połączonych z internetowymi klientami. Ponadto kurs wymagał zoorganizowania pracy w grupach kilkuosobowych co wymuszało zaplanowanie kolejnych etapów pracy i podział poszczególnych zadań między członków grupy. Wykorzystane zostały do tego odpowiednie narzędzia komunikacji, które zostaną opisane dokładniej w dalszej częsci dokumentu.

2.2 Cel merytoryczny.

Implementacja algorytmu Monte Carlo obliczającego rozszerzenie liczby Pi z wykorzystaniem technologi MPI (ang. Message Passing Interface) czyli protokołu komunikacyjnego służącego do przesyłania komunikatów pomiędzy procesami programów równoległych. Ponadtwo stworzenie aplikacji internetowej która poprzez stworzoną bazę dancyh łączy się z silnikiem obliczeniowym działającym na kilku niezależnych komputerach. Strona powinna posiadać elementy zmieniające się dynamicznie podczas realizacji zadania - przykładowo pasek postępu.

3 Opis zastosowanego algorytmu.

3.1 Opis słowny algorytmu.

Metoda Monte Carlo stosowana jest do problemów, które jest bardzo trudno rozwiązać za pomocą podejścia analitycznego. Najczęściej stosuje się ją do modelowania złożonych problemów takich jak:

1. Obliczanie całek.
2. Obliczanie łańcuchów procesów statystycznych .
3. Obliczanie złożonych symulacji.

Metoda opiera się na losowaniu nazywanym w tym przypadku wyborem przypadkowym. Losowanie dokonywane jest zgodnie z rozkładem, który jest znany. Przykładowo całkowanie metodą Monte-Carlo działa na zasadzie porównywania losowych próbek z wartością funkcji. Dokładność wyniku uzyskanego tą metodą jest zależna od liczby sprawdzeń i jakości użytego generatora liczb pseudolosowych. Zwiększanie liczby prób nie zawsze zwiększa dokładność wyniku, ponieważ generator liczb pseudolosowych ma skończenie wiele liczb losowych w cyklu. Przykładowo całkowanie tą metodą jest używane w przypadkach, kiedy szybkość otrzymania wyniku jest ważniejsza od jego dokładności (np. obliczenia inżynierskie).

W projekcie algorytm Monte Carlo zostanie wykorzystany do obliczenia rozszerzenia dziesiętnego liczby Pi. Dokładny opis realizacji tego algorytmu znajduję się w następnym punkcie.

3.2 Obliczanie liczby Pi metodą Monte Carlo.

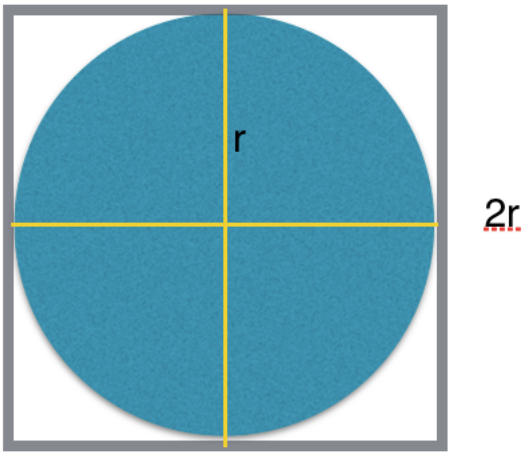
Liczbę Pi można obliczać na wiele różnych sposobów. Jednym z nich jest wykorzystanie metody Monte Carlo. Metoda ta charakteryzuję się przede wszystkim swoją stosunkową prostą procedurą jak i przystosowaniem do zaimplementowania mechanizmów zrównoleglenia - co jest jednym z głównych celów projektu.

Pole kwadratu przedstawionego na Rysunku 1 wynosi:

$$(4\prod)^2$$

natomiast koła oczywiście:

$$(\prod)r^2$$



Rysunek 1: Koło o promieniu r wpisane w kwadrat - bok 2r.

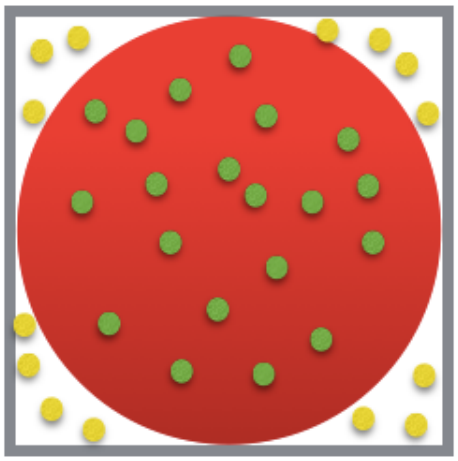
Znając zatem pole koła jak i kwadratu można zauważyć że stosunek pola koła do pola kwadratu wynosi:

$$\frac{PoleKola}{PoleKwadratu} = \frac{\prod r^2}{4r^2} = \frac{\prod}{4}$$

Następnie korzystając z tego, że pole koła jak i kwadratu zostały w jakiś sposób obliczone można wyciągnąć wzór na liczbę Pi:

$$\prod = 4\frac{PoleKola}{PoleKwadratu}$$

Dojście do tego punktu mogłoby się wydawać zatoczeniem koła i powrotem do punktu początkowego problemu. Tak nie jest. Ponieważ dopiero w tym miejscu pojawia się cała charakterystyka metody Monte Carlo. Abstrakcyjnie należy sobię teraz wyobraźić sytuację, w której rzucamy bardzo dużo razy rzutkami w tarczę wyglądająca jak Rysunek 1. Kończąc grę, plansza będzie pokryta rzutkami znajdującymi sie we wnętrzu koła jak i poza nim na obszarze kwadratu. Podsumowując liczba rzutek w i poza kołem będzie równa stosunkowi pola koła do pola kwadratu.



Rysunek 2: Przykład losowania punktów.

Formalnie losowanie będzie odbywać się pośród punktów należących do zbioru pokrytego współrzędnymi należacymi do predziału [-2r,2r]. Stosunek liczby punktów zawierających się w kole o środku w punkcie [0,0] i promieniu r do wszystkich wylosowanych punktów będzie dążył w nieskończoności (z pewnym prawdopodobieństwem) do stosunku tego pola koła do koła kwadratu o boku 2r. Co więcej, stosunek ten będzie identyczny również do ćwiartki koła. Jeżeli pole koła podzielimy na cztery i tak samo podzielimy pole kwadratu, to ich stosunek będzie wciąż taki sam. Oznacza to, że wystarczy, jeżeli będziemy losowali punkty o współrzędnych od 0 do r. Cała metoda sprowadza się więc do tego, by losować punkty, sprawdzać, czy mieszczą się w kole, i następnie podstawiać liczby wylosowanych punktów do wzoru. Losując odpowiednio dużo punktów, powinniśmy otrzymać z pewnym prawdopodobieństwem rozsądne przybliżenie liczby Pi.

3.3 Implementacja algorytmu - program jednowątkowy.

Dla lepszego zrozumienia działania algorytmu i sprawdzenia jego rezultatów stworzony został program w języku C++ obliczający przybliżenie liczby Pi wykonujący wszystkie obliczenia szeregowo, czyli po prostu korzystający z jednego wątku. Program przyjmuje od użytkownika zadaną liczbę punktów. W rezultacie wyświetla obliczoną liczbę Pi oraz orginalne rozwinięcie.

```
1  // Obliczanie_liczby_pi.cpp :wersja zwykla -jednowatkowa
2  // Autor : Pawel Sternik
3  // Data : 17.03.2015
4  // Metoda Monte Carlo wyznaczania liczby Pi
5
6
7  #include <iostream>
8  #include <stdio.h>
9  #include <stdlib.h>
10 #include <time.h>
11 #include <math.h>
12
13 using namespace std;
14
15 void PobieranieDanych(int &iloscPunktow)
16 {
17         cout << "Prosze podac ilosc wszystkich punktow: ";
18         cin >> iloscPunktow;
19 }
20
21 int main( int argc, char * argv[] )
22 {
23         // Delaracja wszystkich zmiennych
24         int liczbaWszystkichPunktow, bokKwadratu,
25             poleKwadratu, liczbaPunktowKolo = 0;
```

```
26          double promienKola;
27          double **wszystkiePunkty;
28          long double mojePi;
29          srand(time(NULL));
30          // Pobieranie od uzytkownia liczby punktow
31          PobieranieDanych(liczbaWszystkichPunktow);
32          bokKwadratu = 1;
33          poleKwadratu = 1;
34          promienKola = bokKwadratu / 2;
35          // Utworzenie macierzy do przechowywania punktow w kwadracie
36          wszystkiePunkty = new double*[liczbaWszystkichPunktow];
37                  for(int i=0; i < liczbaWszystkichPunktow; i++)
38                  {
39                          wszystkiePunkty[i] = new double[2];
40                  }
41
42          // Losowanie wspolrzednych punktu w kwadracie z zakresu -0,5 do 0,5
43                  for(int i=0; i < liczbaWszystkichPunktow; i++)
                    {
44                              for(int j=0; j < 2 ; j++)
45                              {
46                                      double a = ( rand() % 10000 ) -
    5000;
47                                      a = a / 10000;
48                                      wszystkiePunkty[i][j] = a;
49                              }
50                  }
51
52                  for(int i=0; i < liczbaWszystkichPunktow; i++)
53                  {
54                    double potega = pow(wszystkiePunkty[i][0], 2) + pow(
    wszystkiePunkty[i][1], 2);
55                          double odleglosc = sqrt(potega);
56                            if(odleglosc <= 0.5)
57                              {
58                                liczbaPunktowKolo++;
59                              }
60                  }
61
62  // "WYSWIETLENIE REZULTATOW DZIALANIA PROGRAMU - POROWNANIE"
63  cout << "
     ------------------------------------------------------------------------\n";
64  cout << "Liczba punktow w kole: " << liczbaPunktowKolo
65         <<" na " << liczbaWszystkichPunktow << "\n";
66    mojePi = ((double)liczbaPunktowKolo/(double)liczbaWszystkichPunktow) *
    4.0;
67    cout << "Moje  Pi = " << mojePi << "\n";
68    cout << "Orginalne Pi = 3.14159265359\n";
```

```
69   cout << "
      ----------------------------------------------------------------------\n";
70
71         // Zwolnienie pamieci zaalokowanej przez macierz
72     for(int i=0; i < liczbaWszystkichPunktow; i++)
73         {
74             delete [] wszystkiePunkty[i];
75         }
76
77     delete [] wszystkiePunkty;
78     return 0;
79 }
```

```
MacBook-Air-Pawe:Kod Pawel$ cd Obliczanie_liczby_Pi/
MacBook-Air-Pawe:Obliczanie_liczby_Pi Pawel$ ls
makefile                obliczanie_pi.o
obliczanie_pi.cpp       pi
MacBook-Air-Pawe:Obliczanie_liczby_Pi Pawel$ ./pi
Prosze podac ilosc wszystkich punktow: 10000000
------------------------------------------------------------
Liczba punktow w kole: 7855365 na 10000000
Moje  Pi = 3.14215
Orginalne Pi = 3.14159265359
------------------------------------------------------------
MacBook-Air-Pawe:Obliczanie_liczby_Pi Pawel$
```

Rysunek 3: Przykład działania programu jednowątkowego.

Jak widać na zamieszczonym zdjęciu ekranu program jednowątkowy obliczający rozwinięcie dziesiętne liczby Pi korzystając z metody Monte Carlo obliczył liczbę Pi równą 3.14215. Otrzymana dokładność sięga jedynie dwóch miejsc po przecinku przy stosunkowo już dużej ilości losowanych punktów - 10 mln. Program wyświetlił informację o tym, że 7855365 punktów znalazło się w kole.

4 Zastosowane technologie.

4.1 Framework Django.

4.1.1 Opis.

Django – wysokopoziomowy, opensource'owy framework przeznaczony do tworzenia aplikacji internetowych, napisany w Pythonie. Powstał pod koniec 2003 roku jako ewolucyjne rozwinięcie aplikacji internetowych, tworzonych przez grupę programistów związanych z Lawrence Journal-World. Nazwa frameworku pochodzi od imienia gitarzysty Django Reinhardta. Framework wymaga instalacji interpretera Pythona. W ramach pro-

jektu wykorzystany został Python 2.7.6, instalacja jednak nie była konieczna, ponieważ w systemie Linux był wgrany domyślnie.

4.1.2 Instalacja Django.

W projekcie zostało użyte Django w wersji 1.7.5, jednak od 01.04.2015 dostępna jest już wersja 1.8 LTS:
pip install Django==1.7.5

4.1.3 Tworzenie nowego projektu.

W linii poleceń należy przejść do katalogu, w którym będzie znajdował się kod, następnie wpisując:
django-admin.py startproject PI
Utworzony zostanie katalog z projektem: PI/
init.py
manage.py
settings.py
urls.py

- **init.py:** Pusty plik informujący Pythona o tym, że katalog nadrzędny powinien być traktowany jako pakiet Pythona
- **manage.py:** Działające z linii poleceń narzędzie, które pozwala na interakcję z projektem Django na różne sposoby.
- **settings.py**Ustawienia/konfiguracja dla tego projektu Django.
- **urls.py**Deklaracja adresów URL dla tego projektu Django; "mapa serwisu" Twojej strony zbudowanej w oparciu o Django.

Przechodząc do katalogu PI, można sprawdzić czy server deweloperski działa, w tym celu należy wpisać:
python manage.py runserver

4.1.4 Ustawienia bazy danych.

Django można używać bez bazy danych, jednak dostarczony jest wraz z systemem ORM (odwzorowanie relacyjno-obiektowe), za pomocą, którego można definiować tabele w bazie danych oraz pracować na nich pisząc i operując na klasach w Pythonie. Django współpracuje z następującymi serwerami bazodanowymi: PostgreSQL, MySQL, Oracle i SQLite. Ze względu na łatwość obsługi wybrany został MySQL, przez co należało doinstalować MySQLdb:

sudo apt-get install python2.7-mysqldb
Co wymagało również zmiany silnika bazy danych w ustawieniach aplikacji na „django.db.backends.mysql" oraz z wnętrza powłoki bazy danych utworzenia potrzebnej bazy danych. Ze względu, że w pliku settings.py INSTALLEDAPPS zawarte są domyślne aplikacje, należy użyć komendy:
python manage.py syncdb, która dla w/w aplikacji tworzy tabele w bazie.

4.1.5 Tworzenie modeli.

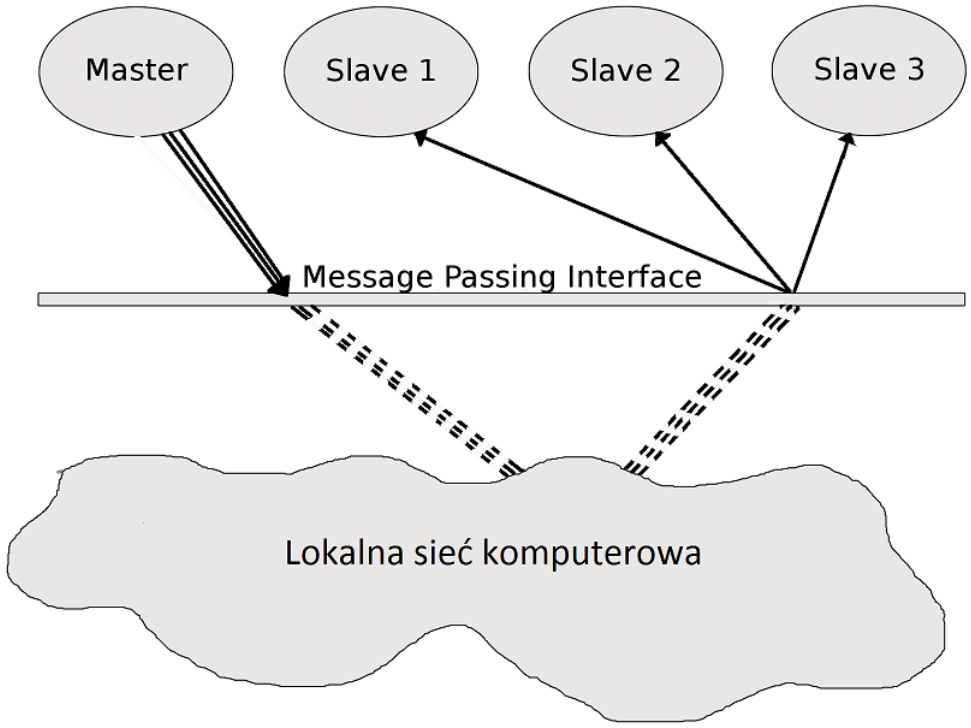
W katalogu PI, aby zacząć pracę nad projektem należy wprowadzić następujące polecenie:
python manage.py startapp PI2
Co utworzy podkatalog PI2, w którym będzie się znajdować struktura docelowej aplikacji.

4.2 Technologia MPI.

MPI, czyli Message Passing Interface jest protokołem komunikacyjnym będącym standardem przesyłania komunikatów pomiędzy procesami programów równoległych działających na jednym, lub wielu komputerach. Ze względu na dominacje wykorzystywania tego modelu w klastrach komputerowych oraz superkomputerach, posłużył on jako główny protokół komunikacyjny w projekcie. MPI jest specyfikacją biblioteki funkcji opartych na modelu wymiany komunikatów dla potrzeb programowania równoległego. Transfer danych pomiędzy poszczególnymi procesami programu wykonywanymi na procesorach maszyn będących węzłami klastra odbywa się za pośrednictwem sieci. Opisany schemat działania ilustruje poniższy rysunek.

Aby zapewnić sprawną komunikacją pomiędzy komputerem Master, a Slave'ami należy skonfigurować bez kluczowe połączenia. Do tego celu najlepszym rozwiązaniem jest użycie SSH, które umożliwi logowanie bez użycia hasła, wykorzystując do tego klucz publiczny, na przykład RSA. Podstawowy schemat działania wygląda następująco:

- **sudo apt-get install openssh-server** - instalacja serwera ssh na komputerze Master
- **sudo apt-get install openssh-client** - instalacja klientów na komputerach Slave
- **ssh-keygen –t rsa** - wygenerowanie kluczy na komputerze Master
- **scp .ssh/id_rsa.pub username@IP_addr:** - skopiowanie klucza publicznego do Slave'a



Rysunek 4: Ogólny schemat działania protokołu MPI.

- **cat id_rsa.pub » .ssh/authorized_keys** - z poziomu Slave'a dodanie otrzymanych kluczy publicznych do kluczy autoryzowanych

Mając skonfigurowane połączenie pomiędzy hostami, można skompilować program wydając polecenie:

- **mpicc pi.c –o pi.out**

Po poprawnym i bezbłędnym skompilowaniu kodu, powinien pojawić się plik wynikowy z rozszerzeniem **.out**, który należy skopiować do wszystkich hostów:

- **scp pi.out username@ip_addr:**

Jeśli wszystkie hosty posiadają ten sam program, przed uruchomieniem klastra należy stworzyć i skonfigurować plik, zawierający konfigurację maszyn w klastrze. Tworzymy plik, np. .mpi_hostfile, który należy uzupełnić według podanego schematu:

```
1 #Hostfile dla Open MPI
2
3 #Master node, parametr 'slots=2' ustawiony, dlatego, ze node jest dwu-
    procesorowy
4 localhost slots=2
5
6 #Definiujemy slave'y, oraz dozwolona liczbe procesorow do uzycia
7 cichy@192.168.1.118 slots=2 max_slots=4
```

```
8 slawek@192.168.1.119 slots=8 max_slots=8
```

Jeśli wszystko przebiegło pomyślnie możliwe jest uruchomienie programu rozproszonego:

- **mpirun –np liczbaProcesorow –hostfile nazwaHostfile /sciezka/pi.out**

4.3 CSS i HTML.

4.4 Komunikacja grupy.

Podczas realizacji projektu wykorzystane zostały narzędzia ułatwiające pracę w grupie. Stworzone zostało repozytorium, w którym umieszczane były kody źródłowe programu obliczającego liczbę Pi czy też apliakcji internetowej napisanej w frameworku Django. Ponadto na portalu Trello istniała tablica na której zamieszczane były zadania do zrealizowania. Umożliwiło to jasny podział zadań oraz bez problemową serializację efektów pracy niwelując liczbę konfliktów podczas równoległego tworzenia kodu przez różne osoby. Podczas realizacji projektu każdy członków z grupy dzięki dobrze zoorganizowanej tablicy Trello znał swoje zadania oraz terminy realizacji, które stanowiły motywację do pracy.

4.4.1 GitHub.

Rysunek 5: Logo portalu GitHub.

GitHub to serwis internetowy wykorzystywany masowo przy projektach programistycznych, korzystający z systemu kontroli wersji Git. Stworzony został już w 2008 roku przy wykorzystaniu języków Ruby on Rails oraz Erlang. Dzisiaj serwis obsługuje już kilka milionów repozytoriów, a wśród nich darmowe publiczne repozytoria oraz płatne prywatne. Darmowe repozytoria utrzymywane są na licencji open source. Podczas realizacji

projektu został stworzony bardzo prosty tutorial korzystania z Git'a z poziomu konsoli poleceń. Tutorial opisuje korzystanie z podstawowych funkcjonalności systemu kontroli wersji , wyłączając bardziej zaawansowane techniki branch'owania i merge'owania projektów.

Rysunek 6: Logo systemu kontroli wersji- Git.

Instrukcja do skonfigurowania i uruchomienia repozytorium opartego o system kontroli wersji Git na systemie Linux:

1. Instalacja najnowszej wersji gita za pomocą komendy:

   sudo apt-get install git

2. Drugi krok to ustawienie globalnych danych konta założonego na stronie GitHub:

   sudo git config –global user.name "nazwaKonta"

3. Następnie podajemy analogicznie maila na którego mamy założone konto na GitHub:

   sudo git config –global user.email "email"

4. Przed tym krokiem zostały już skonfigurowane dane konta. Teraz należy je potwierdzić i połączyć się z interesującym nas repozytorium. Do nawiązania połączenia wykorzystywane są dwa sposoby : protokół HTTPS lub SSH. Tym razem wykorzystany będzie protokół HTTPS.

5. Prawdopodobnie po skonfigurowaniu danych konta Git pobierze automatycznie repozytoria, do których dane konto miało dostęp i umieści je w folderze Dokumenty.

6. W innym przypadku należy skopiować adres repozytorium ze strony portalu. Przykładowo:

   https://github.com/syguts/AIiR0730obliczanieliczbyPI.git

7. Nawiązanie połączenia poprzez komendę:

   git clone https://github.com/syguts/AIiR0730obliczanieliczbyPI.git AIIR

   Gdzie "AIIR" to nazwa folderu, do którego zostanie pobrane repozytorium (wersja lokalna).

Natomiast same edytowanie repozytorium sprowadza się do sekwencji:

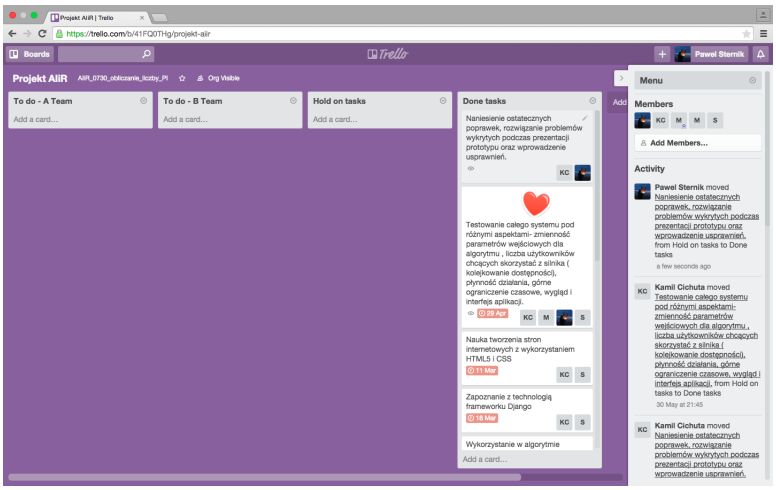
1. **git fetch** - funkcja sprawdza wersje zdalnego repozytorium (jeżeli zdalna wersja jest identyczna co do lokalnej wówczas wyświetlany jest stosowny komunikat)
2. **git log** - metoda wyświetla listę wprowadzonych zmian
3. **git pull** - pobranie wprowadzonych zmian - zaaktualizowanie lokalnego repozytorium.
4. **git add** - w przypadku dodania plików należy podłączyć je pod system kontroli wersji metodą git add nazwaPlikuFolderu
5. **git status** - metoda listująca zmiany wprowadzone przez użytkownika w wersji lokalnej od ostatniej aktualizacji
6. **git commit** - stworzenie commita zbierającego wprowadzone zmiany
7. **git push** - wypchanie wprowadzonych zmian na zewnątrz lokalnego repo, czyli dodanie do zdalnego repozytorium.

4.4.2 Trello.

Rysunek 7: Logo portalu Trello.

Trello to aplikacja do zarządzania zadaniami. Opiera się ona na paradygmacie Kanban stworzonym w Japoni, w firmie Toyota, należącym do technik Agile. Trello to także produkt horyzontalny. Co to znaczy?. Oznacza to, że nie jest to produkt skierowany konkretnie do jednej grupy odbiorców, a wszystkich, którzy potrzebują danego narzędzia oraz chcących skorzystać z jego funkcji. Projekty w Trello zbudowane są w oparciu o tablice, na których to znajdują się listy zadań. Listy te pozwalają tworzyć karty (zadania), które w bardzo prosty sposób możemy sortować, czy przenosić pomiędzy różnymi listami za pomocą techniki drag-and-drop. Poszczególni użytkownicy mogą być przypisywani do kart oraz budować grupy, a grupy i konkretne projekty tworzą organizacje.Bardzo przydatną funkcjonalnością Trello są także powiadomienia, które spływają w formie wiadomości na adres email lub powiadomień (push) na urządzenia mobilne. Każdy użytkownik ma oczywiście kontrolę nad nimi oraz ich częstotliwością. Dzięki powiadomieniom można być informowanym o dyskusjach, w których pojawia się nazwa użytkownika, obserwowanych

projektach, lub aktywnościach innych użytkowników. W ten sposób komunikacja następuje w błyskawicznym tempie.



Rysunek 8: Przykładowy widok tablicy na portalu Trello.

5 Plan realizacji.

1. Dokładna analiza algorytmu matematycznego na obliczanie liczby pi - Monte Carlo.
2. Zebranie informacji o metodach współbieżnych tego algorytmu lub też próba własnej implementacji.
3. Podział pracy na dwa zespoły:
   Drużyna A - Cebula i Sternik:
   - Implementacja algorytmu współbieżnego w języku C++
   - Nauka i zapoznanie z technologią MPI
   - Implementacj technologi MPI
   - Testy połączenia miedzy komputerami
   - Wykorzystanie w algorytmie współbieżnym
   - Testy silnika obliczeniowego - liczba pi

   Drużyna B - Sygut i Cichuta:
   - Nauka tworzenia stron internetowych z wykorzystaniem HTML5 i CSS
   - Zapoznanie z technologią frameworku Django
   - Utworzenie konta administracyjnego i użytkowników
   - Stworzenie strony internetowej

- Testy- dodawanie użytkowników, administracja, wygląd na różnych przeglądarkach, pobieranie danych z formularzy
- Postawienie aplikacji na serwerze i próba uruchomienia zdalnego

4. Połączenie silnika obliczeniowego z frontenedem i serwerem aplikacji.
5. Testowanie całego systemu pod różnymi aspektami- zmienność parametrów wejściowych dla algorytmu , liczba użytkowników chcących skorzystać z silnika (kolejkowanie dostępności), płynność działania, górne ograniczenie czasowe, wygląd i interfejs aplikacji.
6. Tworzenie dokumentacji z podziałem prac według opracowanych obszarów systemu.
7. Przygotowanie prezentacji końcowej przedstawiającej efekty pracy oraz wnioski. Podsumowanie całego semestru prac - trudności i problemy oraz ich rozwiązania.

6 Implementacja silnika obliczeniowego.

6.1 Zrównoleglenie algorytmu

Pierwszym krokiem podczas implementacji silnika obliczeniowego - programu obliczającego przybliżenie liczby Pi w oparciu o algorytm Monte Carlo była implementacja programu współbieżnego. Wykorzystana została w tym celu biblioteka systemu Linux - POSIX Threads.Biblioteka udostępnia jednolite API dla język C do tworzenia i zarządzania wątkami, jest dostępna w systemach m.in. Linux, FreeBSD, Windows. Implementacja miała na celu przygotowanie merytoryczne do implementacji algorytmu z wykorzystaniem technologii MPI. W tym celu zalecane było zapoznanie się z metodą zrównoleglenia tego algorytmu. Poniżej Listing programu z wykorzystaniem POSIX Threads.

```
1  #include <pthread.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <unistd.h>
4  #include <stdio.h>
5  #include <iostream>
6  #include <time.h>
7  #include <math.h>
8  using namespace std;
9
10 pthread_mutex_t mutex1 = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
11 int *counter;
12 int przydzialPunktow;
13 int idWatku=0;
14
15 void *MojaFunkcjaDlaWatku(void *arg)
```

```
16 {
17   double x, y, potega, odleglosc;
18   pthread_mutex_lock(&mutex1);
19   int numerek = idWatku;
20   idWatku++;
21   cout << endl<< numerek << endl;
22   pthread_mutex_unlock(&mutex1);
23     for(int i=0; i < przydzialPunktow; i++)
24     {
25       x  = ( ( (double)rand() / (RAND_MAX) ) * 2) - 1;
26       y  = ( ( (double)rand() / (RAND_MAX) ) * 2) - 1;
27       potega = pow(x, 2) + pow(y, 2);
28             odleglosc = sqrt(potega);
29         if(odleglosc <= 1)
30         {
31           counter[numerek]+= 1;
32         }
33     }
34
35     return NULL;
36 }
37
38 void PobieranieDanych(int &iloscPunktow, int &watki)
39 {
40     cout << "Prosze podac ilosc wszystkich punktow: ";
41     cin >> iloscPunktow;
42   cout << "Prosze podac ilosc watkow: ";
43   cin >> watki;
44 }
45
46 int main(void)
47 {
48   int punkty, liczbaWatkow, *tablicaPrzydzialu;
49   pthread_t *mojwatek;
50   PobieranieDanych(punkty, liczbaWatkow);
51   mojwatek = new pthread_t[liczbaWatkow];
52   srand(time(NULL));
53   tablicaPrzydzialu = new int[liczbaWatkow];
54   int sredniaPunktow = punkty / liczbaWatkow;
55   counter = new int[liczbaWatkow];
56
57     for(int i=0; i < liczbaWatkow -1; i++)
58     {
59       tablicaPrzydzialu[i] = sredniaPunktow;
60     }
61
62   tablicaPrzydzialu[liczbaWatkow-1] = punkty - (sredniaPunktow * (
     liczbaWatkow-1));
```

```
63
64      for(int i=0; i < liczbaWatkow; i++)
65      {
66          przydzialPunktow= tablicaPrzydzialu[i];
67          if ( pthread_create( &mojwatek[i], NULL, MojaFunkcjaDlaWatku,NULL))
68        {
69                  cout << "blad przy tworzeniu watku\n";
70          abort();
71          }
72      }
73
74      for(int i=0; i < 4; i++)
75      {
76          if ( pthread_join ( mojwatek[i], NULL ) )
77        {
78                  cout << "blad w konczeniu watku\n";
79                  abort();
80          }
81      }
82
83    int suma=0;
84
85      for(int i=0; i < liczbaWatkow ; i++)
86      {
87        suma += counter[i];
88      }
89
90    // "WYSWIETLENIE REZULTATOW DZIALANIA PROGRAMU - POROWNANIE Z ORGINALEM"
91    cout << "
       ----------------------------------------------------------------------\n";
92    cout << "Liczba punktow w kole: " << suma <<" na " << punkty << "\n";
93          long double mojePi = ((double)suma/(double)punkty) * 4.0;
94      cout << "Moje  Pi = " << mojePi << "\n";
95      cout << "Orginalne Pi = 3.14159265359\n";
96    cout << "
       ----------------------------------------------------------------------\n";
97
98      exit(0);
99  }
```

Program pobiera od użytkownika ilośc punktów biorących udział w losowaniu oraz ilość wątków. Następnie w zależności od liczby wątków obliczany jest zakres - przydział punktów dla każdego z wątków. Każdy z wątków zlicza ilość punktów znajdujących się w kole. Po wykonaniu się funkcji wszystkich wątków, wątek macierzysty sumuje poszczególne liczniki i oblicza wartość przybliżenia Pi.

6.2 Zastosowanie technologii MPI

Następnym krokiem podczas ralizacji silnika obliczeniowego było zaimplementowanie protokołu komunikacyjnego, czyli technologi MPI. Działa ona analogicznie co do metody współbieżnej przy czym wątki POSIX zostały zastąpione slave'mi MPI. Program posiada zdefiniowane na sztywno zmienne z biblioteki MPI określające liczbę stacji roboczych, które wczytuje z pliku konfiguracyjnego. Następnie identycznie jak w poprzednim programie w zależności od ilości punktów i maszyn wylicza zakresy dla każdego z wątków. Program przyjmuje w parametrach wywołania ilość punktów. Master po zakończeniu pracy slave'ów zlicza wynik cząstkowe i podstawia do wzoru obliczającego przybliżenie liczby Pi. Poniżej Listing programu:

```
1  /**
2   Calculate Pi with MPI protocol
3   Author : Pawel Sternik
4   Date: 22.05.2015
5   **/
6  #include "mpi.h"
7  #include <stdio.h>
8  #include <stdlib.h>
9  #include <time.h>
10 #include <string.h>
11 #include <stdbool.h>
12
13 void srandom (unsigned seed);
14 long double dboard (int darts);
15 #define MASTER 0
16
17 int main (int argc, char *argv[])
18 {
19       srandom(time(NULL));
20       clock_t    start=clock();
21       double     homepi,                    /* value of pi calculated by
     current task */
22                  pisum,                     /* sum of tasks' pi values */
23                  avepi;                     /* average pi value for all
     iterations */
24       int        taskid,                    /* task ID - also used as seed
      number */
25                  numtasks,                  /* number of tasks */
26                  rc,                        /* return code */
27                  i,
28                  DARTS = 0,
29                  ROUNDS = 1;
30       long double      pi;                  /* average of pi after "darts"
      is thrown */
31       MPI_Status status;
```

```
32
33      /* Obtain number of tasks and task ID */
34      MPI_Init(&argc,&argv);
35      MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD,&numtasks);
36      MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD,&taskid);
37
38      /* Set seed for random number generator equal to task ID */
39      srandom (taskid);
40
41      /* Number of random points */
42      int zakres = atoi(argv[1])/numtasks;
43      DARTS = zakres;
44      avepi = 0;
45
46          for (i = 0; i < ROUNDS; i++)
47          {
48                /* All tasks calculate pi using dartboard algorithm */
49                homepi = dboard(DARTS);
50                rc = MPI_Reduce(&homepi, &pisum, 1, MPI_DOUBLE, MPI_SUM,
51                      MASTER, MPI_COMM_WORLD);
52
53                   if (rc != MPI_SUCCESS)
54                   {
55                                   printf("%d: failure on mpc_reduce\n",
    taskid);
56                   }
57
58                /* Master computes average for this iteration and all
    iterations */
59                   if (taskid == MASTER)
60                   {
61                        pi = pisum/numtasks;
62                        avepi = ((avepi * i) + pi)/(i + 1);
63                        printf("%10.16f\n", avepi);
64                   }
65          }
66
67
68     /* The finalize timers and display time for runnig algorithm */
69     clock_t end=clock();
70     float seconds = (float)(end - start) / CLOCKS_PER_SEC;
71     MPI_Finalize();
72     return 0;
73 }
74
75 long double dboard(int darts)
76 {
77          #define sqr(x)  ((x)*(x))
```

```
78          long random(void);
79          double x_coord, y_coord, pi, r;
80          int score, n;
81          unsigned int cconst;  /* must be 4-bytes in size */
82          int counterLoop=0;
83              if (sizeof(cconst) != 4)
84              {
85                      printf("Wrong data size for cconst variable in dboard
    routine!\n");
86                      exit(1);
87              }
88          /* 2 bit shifted to MAX_RAND later used to scale random number
    between 0 and 1 */
89          cconst = 2 << (31 - 1);
90          score = 0;
91          /* "throw darts at board" */
92             for (n = 0; n < darts; n++)
93             {
94                      if(counterLoop == n)
95                      {
96                          counterLoop += darts/10;
97                      }
98                  /* generate random numbers for x and y coordinates */
99                  r = (double)random()/cconst;
100                 x_coord = (2.0 * r) - 1.0;
101                 r = (double)random()/cconst;
102                 y_coord = (2.0 * r) - 1.0;
103
104                      /* if dart lands in circle, increment score */
105                     if ((sqr(x_coord) + sqr(y_coord)) <= 1.0)
106                     {
107                         score++;
108                     }
109             }
110
111         /* calculate pi */
112         pi = 4.0 * (double)score/(double)darts;
113         return(pi);
114 }
```

6.3 Komunikacja z bazą danych aplikacji.

Komunikacja z bazą danych aplikacji została zrealizowana poprzez wykorzystanie biblioteki języka C: mysql.h. Biblioteka zawiera metody umożliwiające zdalne połączenie z bazą danych MySQL poprzez adres IP i numer portu. Wymaga to również podanie danych użytkownika danej bazy. Zatem został zaimplementowany osobny program obsługujący

akcje dokonywane na bazie danych i nasłuchujący pojawienie się zadań zleconych przez użytkowników aplikacji internetowej. Takie rozwiązanie umożliwiło stworzenie dodatkowej cechy systemu. Użytkownik jest w stanie określić ilość wątków na których ma zostać uruchomiony algorytm .Realizowane jest to poprzez wywołanie programu liczącego z poziomu komendy system z odpowienim parametrem kompilatora mpi open . Przykładowo :

system("mpirun -np lilosProcesow second iloscPunktow")

Podsumowując program działa w procedurze:

1. Nawiązanie połączenia z bazą danych poprzez metodę **mysqlRealConnect**, która wymaga podania adresu bazy danych , nazwy użytkownika i jego hasła.
2. Program oczekuje czy zadanie pojawi się w bazie danych sprawdzając metodą biblioteki mysql pierwszy wiersz tabeli :

   mysqlQuery(conn, "SELECT * FROM PI2Task limit 1")
3. Po pojawieniu się zadania program pobiera dane zleconego zadania metodami : **mysqlUseResult(conn)**, gdzie conn jest uchwytem połączenia z bazą, **mysqlFetchRow(res)**, gdzie res to wszystkie dane.
4. Do tabeli wyników zostaje dodany wiersz sygnalizujący aplikację internetową o podjęciu zlecenia - włączenie dynamicznego progresu. Wiersz nie posiada wówczas uzupełnionej kolumny wyniku.
5. Natomiast w tabeli zleconych zadań zostaje usunięty wiersz pobranego zadania. Dzięki temu tabela działa jak kolejka FIFO - First Input First Output.
6. Nastepuje wywołanie programu liczącego z pobranymi wcześniej parametrami zadanymi przez użytkownika aplikacji internetowej.
7. Program po zwróceniu wyniku przez program liczący aktualizuje wiersz w tabeli wyników. Następnie jeżeli coś znajduje się w kolejce od razu przystępuje do realizacji zadania . W innym przypadku oczekuje na zlecenie zadania.

Listing programu łączącego aplikację internetową z programem liczącym:

```
1  /**
2   Author : Pawel Sternik
3   Date : 22.05.2015
4   **/
5
6  #include <stdio.h>
7  #include <stdlib.h>
8  #include <time.h>
9  #include <mysql/mysql.h>
10 #include <string.h>
```

```
#include <stdbool.h>

int main(int argc, char* argv[]) {
    FILE *fp;
   /* Variables for database connection*/
  MYSQL *conn;
  MYSQL_RES *res;
  MYSQL_ROW row = NULL;
  char *server = "192.168.1.103";
  char *user = "admin";
  char *password = "admin";
  char *database = "django_db";
  conn = mysql_init(NULL);
  int figurePoints, numberOfThreads;
  char taskID[11], doneTaskID[11], dateTask[25],
         userID[10], zapytanie[512], napisek[25],
         polecenie[200], wynik[30];
      /* Connect to database */
      if (!mysql_real_connect(conn, server,
                      user, password,
                      database, 0, NULL, 0)) {
          fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
          exit(1);
      }
    while(1) {
        /* Waiting for task */
          while(row == NULL) {
                if (mysql_query(conn, "SELECT * FROM PI2_task limit 1")) {
                      fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
                      exit(1);
                  }
          res = mysql_use_result(conn);
              row = mysql_fetch_row(res);
              printf("Waiting for task...\n");
              sleep(1);
          }

      /* Output table name */
      printf("Downloaded data:\n");
      printf("TaskID: %s FigurePoints: %s DataTask: %s UserID %s
    NumberOfTask %s\n", row[0], row[1], row[2], row[3], row[4]);
        /* Save data from database */
         strcpy(taskID,row[0]);
         figurePoints = atoi(row[1]);
         numberOfThreads = atoi(row[4]);
         strcpy(dateTask,row[2]);
         strcpy(userID, row[3]);
         strcpy(napisek, "Zadanie w trakcie");
```

```
58
59          /* Number of random points */
60          int zakres = figurePoints/numberOfThreads;
61          DARTS = zakres;
62          snprintf(zapytanie, 512, "DELETE FROM PI2_task WHERE ID=%s", row
    [0]);
63          mysql_free_result(res);
64          printf ("Nasz answer %s \n", zapytanie);
65              if (mysql_query(conn, zapytanie)) {
66                  fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
67                  exit(1);
68              }
69          printf("Deleted first task.\n");
70
71          /* Answer about start works algorithm */
72          snprintf(zapytanie, 512, "INSERT INTO PI2_donetask (userID_id,
    numberOfPoints, add_date, value) VALUES(%s, %d, '%s', '%s')", userID,
    figurePoints, dateTask, napisek);
73              if (mysql_query(conn, zapytanie)) {
74                  fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
75                  exit(1);
76              }
77          snprintf(polecenie, 200, "mpirun -np %d second %d >> wynik.txt",
    numberOfThreads, figurePoints);
78          // Wywolanie drugiego programu
79          system(polecenie);
80          fp = fopen("wynik.txt", "r");
81          fscanf(fp,"%s", wynik);
82          printf ("WYNIK: %s\n", wynik);
83          fclose(fp);
84          remove("wynik.txt");
85          snprintf(zapytanie, 512, "SELECT * FROM PI2_donetask ORDER BY
    add_date desc limit 1");
86              if (mysql_query(conn, zapytanie))
87              {
88                  fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
89                  exit(1);
90              }
91          res = mysql_use_result(conn);
92          row = mysql_fetch_row(res);
93          strcpy(doneTaskID,row[0]);
94          mysql_free_result(res);
95          snprintf(zapytanie, 512, "UPDATE PI2_donetask SET value=%s WHERE id
    =%s", wynik, doneTaskID);
96          printf ("Nasz answer %s \n", zapytanie);
97          if (mysql_query(conn, zapytanie))
98          {
99             fprintf(stderr, "%s\n", mysql_error(conn));
```

```
100             exit(1);
101           }
102         printf("Dodanie do donetask\n");
103         row = NULL;
104     }
105     mysql_close(conn);
106     return 0;
107 }
```

7 Aplikacja internetowa.

8 Testy.

9 Podsumowanie i wnioski.