FIIT grid
(Produktová dokumentácia)

Autori:	Bc. Ján Kalmár, Bc. Juraj Petrík, Bc. Juraj Vincúr,
	Bc. Martin Tibenský Bc. Pavol Pidanič, Bc. Radoslav Zápach
Kontakt:	tp-12@googlegroups.com
Akademický rok:	2013/2014
Vedúci práce:	Ing. Peter Lacko, PhD.

1. História zmien dokumentu

Dátum	Verzia	Zhrnutie zmien	Autor
25.10.2013	1.0	Vytvorenie dokumentu, formátovanie a štýly, vytvorenie kapitol úvod a prvý šprint	Ján Kalmár
1.11.2013	2.0	Vytvorenie kapitol druhý šprint	Ján Kalmár
14.11.2013	3.0	Vytvorenie kapitol tretí šprint	Ján Kalmár
18.11.2013	4.0	Vytvorenie kapitol Reversi klientská časť a Asimilátor	Martin Tibenský
21.10.2013	4.1	Dopnenie chybajucich sekcii	Ján Kalmár
11.12.2013	5.0	Vytvorenie kapitol pre šprinty 4 a 5	Ján Kalmár
14.5.2014	6.0	Vytvorene šprinty 6 až 10 a napísaný šprint 6	Ján Kalmár
15.5.2014	9.0	Dopísané šprinty 7 až 9	Ján Kalmár
21.5.2014	10.0	Dokončená dokumentácia	Ján Kalmár

Tabuľka 1: História dokumentu

Obsah

0. Úvod

0.1. Účel dokumentu

Tento dokument vznikol pre potreby predmetu Tímový projekt ako dokumentácia k riešeniu problému distribuovaného počítania na FIIT (FIIT Grid). V projekte sa vytvára infraštruktúra pre distribuované počítanie na platforme Boinc, na otestovanie funkčnosti a ako ukážkoví rámec pre budúce tými sa v rámci projektu vytvárajú aj rôzne úlohy na počítanie. Na projekte pracujeme šiesti, zadávateľom projektu je Ing. Peter Lacko, PhD.

0.2. Forma dokumentu

Tento dokument dodržiava metodiku na tvorbu technickej dokumentácie.

0.3. Použité technológie

V rámci projektu sa používajú následovné technológie:

- Apache2 web server
- PHP
- MySQL
- Boinc
- Java
- C++
- Redmine – systém pre správu projektov
- Eclipse – IDE
- Git – systém pre správu verzii
- Perkonik – nástroj na reviev kódu

0.4. Slovník pojmov

0.5. Zoznam skratiek

1. Prvý šprint

V prvom šprinte sme si dali následovné úlohy:

- Konfigurácia a inštalácia boinc servera
- Spustenie testovacej úlohy na serveri (Hello World)
- Preštudovanie možností boinc
- Analýza a návrh riešenia pre hru Reversi (Othello)

Výsledkom šprintu je funkčný boinc server spolu so spustenou testovacou úlohou, analýza hry reversi a analýza boinc API. S funkčným boinc serverom sa môžeme ďalej venovať návrhu a implementácii riešenia hry reversi, ktorú v konečnom dôsledku chceme riešiť distribuovane práve pomocou platformy boinc.

1.1. Platforma boinc (analýza)

1.1.1. Úvod

Boinc je skratka pre Berkeley Open Infrastructure for Network Computing a bol vyvinutý na Kalifornskej univerzite pre podporu projektu Seti@home, ktorý sa zaoberá hľadaním mimozemského života pomocou analýzy rádiových vĺn z kozmu. Neskôr sa Boinc stal open-source systémom pre kohokoľvek, kto potrebuje na riešenie svojich paralelne počítateľných problémov využívať vysoký výpočtový výkon a má viac kamarátov, ako peňazí na zaobstaranie superpočítača. Boinc umožňuje vytvárať projekty, na ktorých riešení sa môžu pomocou svojich počítačov podieľať dobrovoľníci (volunteer computing), alebo distribuované počítacie siete, vytvorené z počítačov univerzít a iných inštitúcií (grid computing).

1.1.2. Architektúra a pojmy

Systém pracuje na klasickej klient-server architektúre.

Projekt – každý projekt má svoj identifikátor (masterURL) a samostatnú serverovú časť.

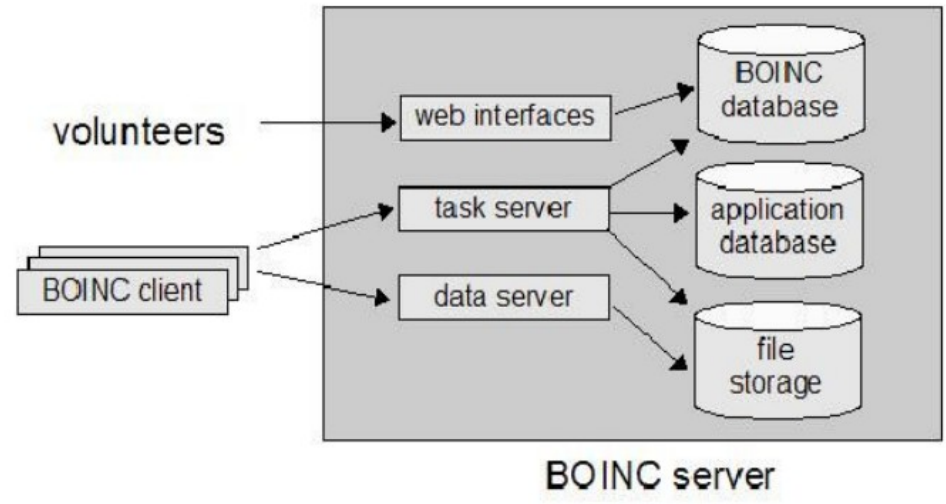
Aplikácia – je spravovaná pod projektom, môže obsahovať niekoľko programov v závislosti od toho, pre koľko platforiem ich chceme vytvárať a množinu **úloh (jobs)**.

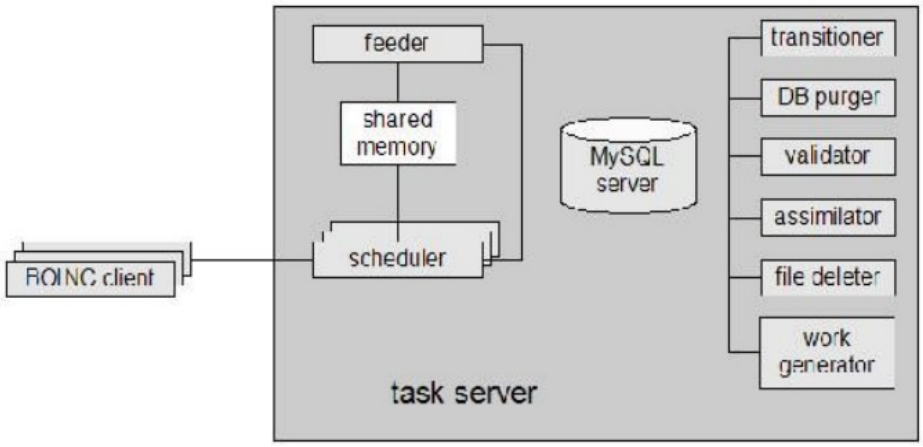
Úloha(job) – pozostáva z dvoch častí, **workunit** a **result**.

Workunit (pracovná jednotka) – v skratke práca, ktorú je potrebné poslať klientovi a vykonať.

Result – obsahuje zoznam súborov s výsledkami výpočtu a ďalšie atribúty ako čas, ktorý CPU spotreboval atď.

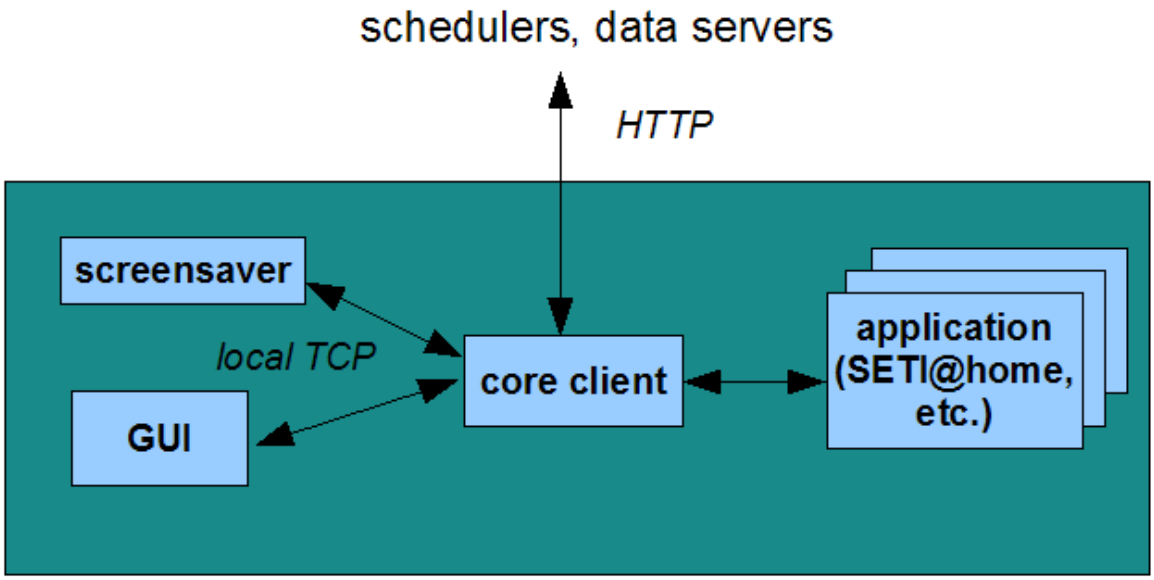
Serverová časť – slúži na správu projektov, pridelovanie úloh a správu dát súvisiacich s projektom.





Task server sa stará o generovanie workunits (work generator), ich pridelovanie vhodným klientom (scheduler), overovanie (validator) a spracovánie (assimilator) výsledkov. Overovanie výsledkov je potrebné hlavne v prípade použitia Boincu na dobrovoľnícke projekty, pri ktorých sa niektorí účastníci z rôznych pokútnych dôvodov snažia odosielať zámerne nesprávne výsledky. Ochrana proti takémuto správaniu spočíva vo vytvorení N klonov každého workunitu a následným porovnaním výsledkov. V prípade, že sa nedosiahne z počtu vrátených výsledkov nejaké vopred určené, aplikačne špecifické kvórum (minimálny počet súhlasiacich výsledkov), Boinc pridelí rovnakú úlohu ďalšiemu klientovi. Klienti navzájom o sebe nevedia, že riešia rovnakú úlohu.

Klientská časť – umožňuje dobrovolníkom vybrať si, na ktorých projektoch budú spolupracovať. Dobrovoľník si vždy vyberá len projekt, nie aplikáciu.



Navonok sa Boinc tvári ako jeden program, pod kožúškom sa však skladá z niekoľkých samostatných častí.

Core client – pomocou http protokolu komunikuje s projektovým serverom, pýta si prácu a odovzdáva výsledky. Slúži tiež na spúšťanie a manažovanie aplikácií.

Application - prekvapivo sú to projektové aplikácie, ktoré vykonávajú výpočty.

GUI – alebo Boinc manager, je grafické rozhranie, ktoré slúži na komunikáciu s core klientom. Používateľovi umožňuje napríklad spúšťať a prerušovať aplikácie. Tradične komunikuje s jadrom lokálne, ale ponúka aj možnosť vzdialené riadenia.

Screensaver – spúšťa sa pri nečinnosti a generuje ho aplikačná časť. Nie všetky aplikácie musia mať screensaver, ale môžeme ním na klientskej stanici zobrazovať napríklad ľúbivé obrázky týkajúce sa projektu, alebo aká časť z aktuálneho worunitu je už spracovaná.

1.2. Platforma boinc (inštalácia)

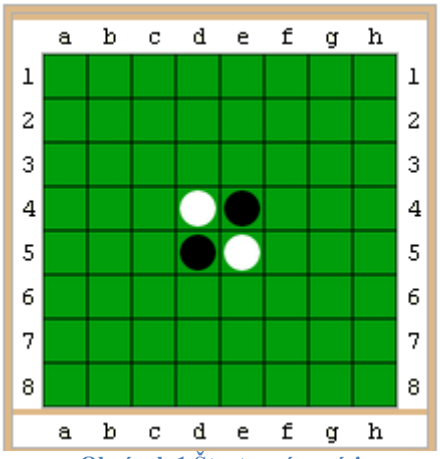
1.3. Reversi

1.3.1. Pravidla hry

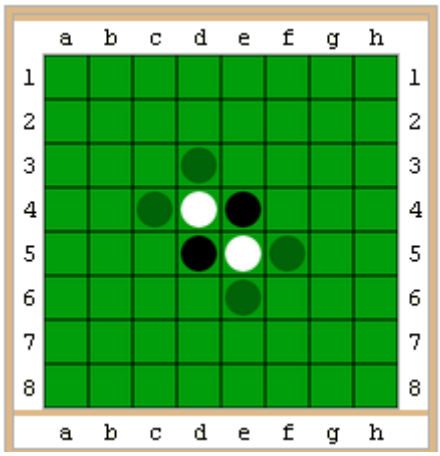
Hra Reversi (Othello) je stolová hra pre dvoch hráčov hraná (zväčša) na šachovnici 8 x 8 polí s kameňmi dvoch farieb.

Hráči na šachovnicu pokladajú kamene svojej farby tak, aby práve položený kameň a iný kameň svojej farby uzavreli súvislý rad súperových kameňov. Tieto uzavreté kamene

potom zmenia farbu a stanú sa kamene druhého hráča. Víťazom sa stáva hráč, ktorý má po zaplnení šachovnice viac kameňov ako protihráč. Prvý ťah má čierny hráč.[1]



Obrázok 1 Štartovná pozícia



Obrázok 2 Možné ťahy čierneho

1.3.2. Analýza riešení

4 x 4 - vyriešená za menej ako sekundu programami, ktoré používajú min-max metódu, ktorá generuje všetky možné pozície (takmer 10 miliónov). Výsledkom je, že biely zvíťazí.

6 x 6 - vyriešená za menej ako 100 hodín programami, ktoré používajú min-max metódu, ktorá generuje všetky možné pozície (takmer 3,6 trilióna). Výsledkom je, že biely zvíťazí.

8 x 8 - nebola zatiaľ matematicky vyriešená. Predpoklad je, že jej strom obsahuje 10^{54} vrcholov.

10 x 10 - nebola zatiaľ matematicky vyriešená. Predpoklad je, že jej strom obsahuje 10^{90} vrcholov[2].

1 ://reversi.hra-hry.sk/pravidla.html
2 http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_Othello

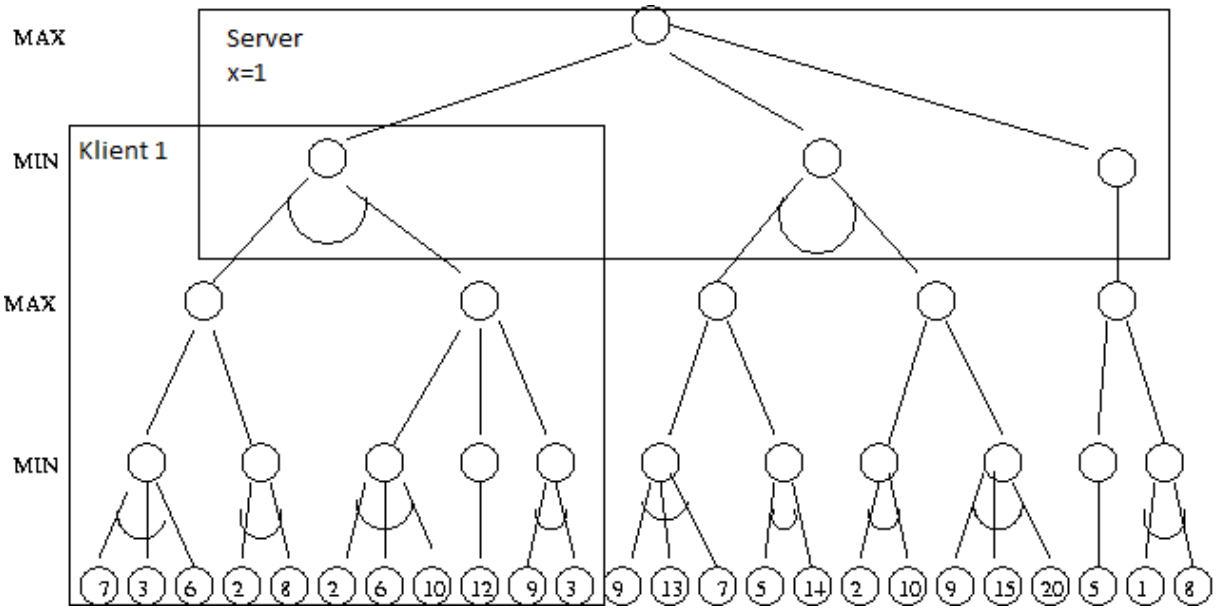
1.3.3. *Návrh riešenia*

Server

- Inicializácia úlohy - prehľadanie stavového priestoru hry od štartovnej pozície, do určitej hĺbky x.
- Vytvorenie workunitov pre klientov - každý obsahuje určitý nájdený stav hry v hĺbke x.
- Vyhodnotenie získaných dát od klientov - určenie víťazného hráča.

Klient

- vyžiadanie si workunitu.
- vyrátanie workunitu - prehľadávanie stavového priestoru hry od zadaného stavu v hĺbke x, až po finálne stavy (listy). Určenie víťaza v tomto strome.
- odoslanie výsledkov späť na server.



Obrázok 3 Rozloženie výpočtu

1.4. *Zhodnotenie šprintu*

Podarilo sa nám úspešne spustiť boinc server na našom tímovom serveri. Vytvorili sme jednoduchú „Hello World“ aplikáciu, ktorú tento server rozposlal klientom a následne prijal späť výstupy od klientov z tejto aplikácie.

Taktiež sme analyzovali hru reversi, ktorú sme sa rozhodli riešiť a navrhli najefektívnejší spôsob distribúcie čiastkových pod-úloh medzi klientov.

2. Druhý šprint

V druhom šprinte sme sa zamerali na vytvorenie prototypu aplikácie na riešenie hry reversi 6x6. Na toto riešenie sme použili rôzne algoritmy ako Alfa-Beta osekávanie, MTD-F, Negascout, Minimax a ich vylepšenia.

Určite sme si tieto ciele:

- Preskúmať možnosti rôznych algoritmov pre riešenie hry reversi
- Vytvoriť lokálnu aplikáciu pre riešenie hry reversi
- Vytvoriť generátor stavov a otestovať ho na serveri

2.1. Analýza algoritmov

2.1.1. Zadanie

Analyzovať možné algoritmy na riešenie hry reversi.

2.1.2. Analýza

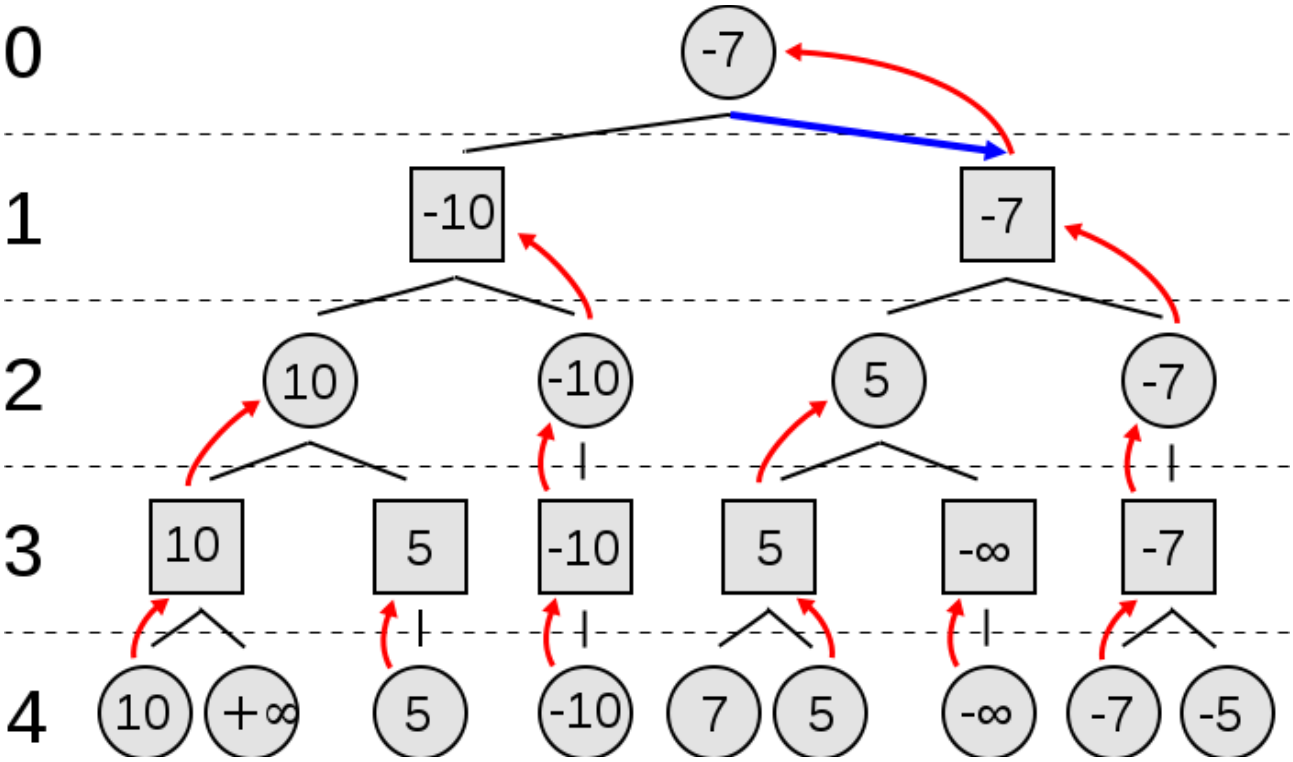
Minimax

Minimax je algoritmus rozhodovania používaný v teórií hier pre minimalizovanie možnej straty pre najhorší možný prípad (najväčšiu stratu). Je používaný pre hry hrané dvoma hráčmi, a uvádza:

- pre danú stratégiu 1. hráča, je najlepší možný výsledok 2. hráča V
- pre danú stratégiu 2. hráča, je najlepší možný výsledok 1. hráča -V

Inak povedané, minimax algoritmus garantuje 2. hráčovi výsledok V, bez ohľadu na stratégiu hráča 1.

Nasledujúci obrázok zobrazuje strom hry, na ktorý bol použitý minimax algoritmus. Kruhové nódy predstavujú hráča min a štvorcové hráča max.



Obrázok: minimax strom

Výhodou tohto algoritmu je nájdenie perfektnej hry, ale za cenu prehľadania všetkých uzlov.

Negascout

Negascout je nagamax algoritmus, ktorý je v niektorých prípadoch rýchlejší ako alfa-beta osekávanie. Funguje na podobnom princípe ako alfa-beta, ale spolieha sa na správne zoradenie listov v strome. Ak sú zoradené výhodne, môže byť rýchlejší o 10 a viac percent, ale ak je zoradenie náhodné je pomalší ako spomínané alfa-beta. To kvôli tomu, že hoci neprehľadá viac uzlov, prehľadá niektoré uzly viacnásobne.

Výhodou tohto algoritmu je zvýšenie efektívnosti oproti alfa-beta, ale za cenu potreby usporiadania uzlov.

MTD(f)

Mtd(f) je vylepšený minimax algoritmus, ktorý dosahuje najlepšie teoretické výsledky zo všetkých porovnávaných. Algoritmus vykonáva opakované alfa-beta prehľadávanie s nulovou veľkosťou hľadajúceho okna. Efektívnosť tohto postupu sa zabezpečuje transpozičnou tabuľkou, v ktorej sú uložené už prehľadané uzly.

Vysoká efektívnosť algoritmu je vyvážená jeho pamäťovou náročnosťou a zvýšenou réžiou na udržiavanie transpozičnej tabuľky.

2.2. Reversi klientská aplikácia (Prototyp)

2.2.1. Zadanie

Analyzujte možnosti riešenia stromu pre hru reversi pomcou algoritmu alfa beta osekávania a implementujte riešenie vo forme klientskej aplikácie pre systém Boinc.

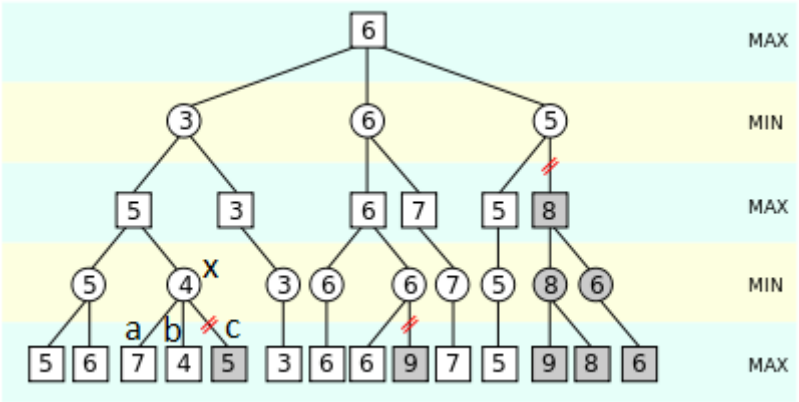
2.2.2. Analýza

Alogritmus alfa beta osekávania je vylepšením pre minimax algoritmus, pomocou ktorého môžeme odstrániť väčsie časti herného stromu a tým výrazne čas potrebný na prehľadávanie.

Osekávajú sa práve tie vetvy, ktoré ani potencionáne nemôžu ovlpyvniť výsledok algoritmu, preto vždy vracia výsledok, ktorý je rovnaký ako minimax.

Príklad: Na ťahu je biely hráč a strom prehľadávma do hĺbky 2. Vyberieme jeden z potencionálnych ťahov bieleho hráča (nazvime ho ťah1) a všetky možné odpovede čierneho hráča. Po analýze odpovedí zistíme, že po ťahu čierneho hráča môžeme dosiahnuť remízu. Potom vybiereme ďalší z potencionálnych ťahov bieleho hráča (ťah2). Po preskumání prvej odpovede čierneho hráča na ťah2 zistíme, že čierny hráč získa viac kameňov. Po tomto zistení už môžeme všetky ďalšie odpovede na ťah2 ignorovať, pretože s istotou vieme, že ťah1 je lepší, pretože odpoveď čierneho hráča mu umožní dosiahnuť najviac remízu. Ťah1 nám určil spodnú hranicu, teda minimálny najlepší výsledok, ktorý môžeme dosiahnuť a všetko pod ním môžeme ignorovať a odseknúť.

V prípade prehľadávania do hĺbky 3 a viac sa situácia komplikuje pridaním hornej hranice. Hornú hranicu musíme uvažovať kvôli tomu, ak sa v hĺbke tri vyskytuje príliš dobrá možnosť, ktorú súper v predošlom ťahu elimunuje vybraním vhodného ťahu. Dolná hranica jedného hráča je hornou hranicou druhého hráča.



Pri sekvenčom prehľadávaní možností zľava doprava pri uzle s hodnotou 4 môžme vylúčiť poslednú môžnosť a jej podstrom, pretože už máme lepšie riešenie. Inak povedané uzol C neovlivní hodnotu uzla X.

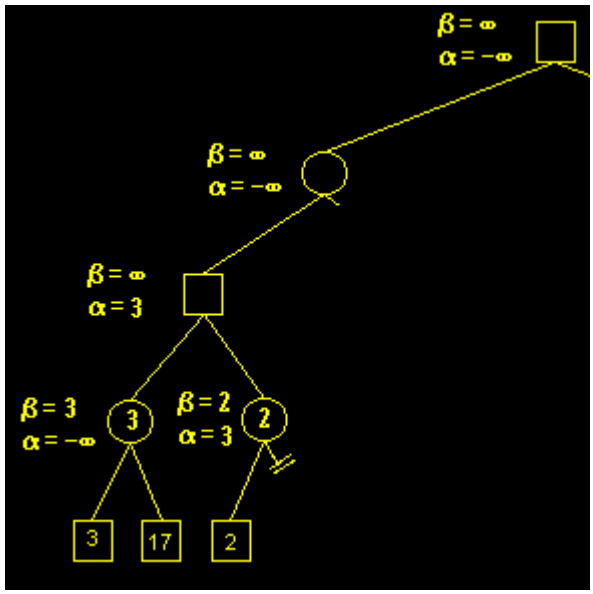
Alfa – aktuálna maximálna dolná hranica, v ktorej sa môže nachádzať výsledná hodnota. Na začiatku je nastavená na mínus nekonečno.

Beta – aktuálna minimálna horná hranica, v ktorej sa môže nachádzať výsledná hodnota. Na začiatku je nastavená na plus nekonečno.

Alfa a beta spolu tvoria okno, v ktorom sa môže nachádzať vrátená hodnota, teda alfa<=N<=beta.

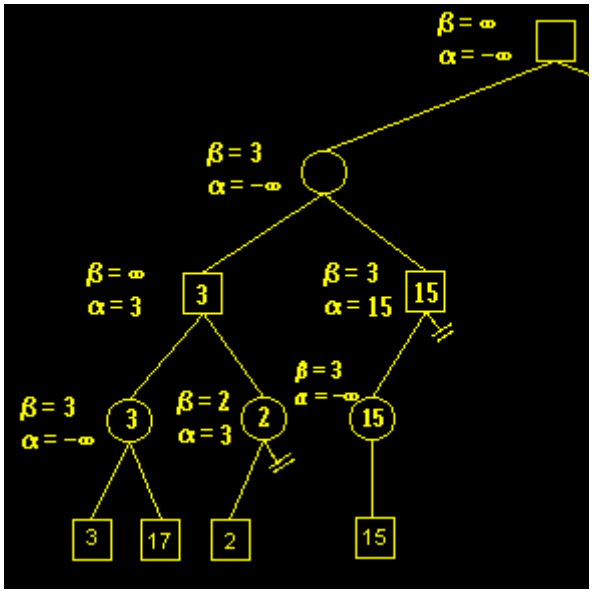
V minimaxe si MIN hráč vyberá vždy najmenšiu z hodnôt potomkov a preto aktualizuje betu. MAX hráč si naopak vyberá najväčsiu z hodnôt potomkov, preto aktualizuje alfu.

Príklad beta osekávanie v MIN vrchole s hodnotou 2 v hĺbke 3:



Obr. Beta osekávanie

Príklad alfa osekávanie v MAX vrchole s hodnotou 15 v hĺbke 2:



Obr. Alfa osekávanie

2.2.3. Návrh

Funkčné požiadavky na klientskú aplikáciu sú nasledovné:

1. Aplikácia musí vedieť spracovať vstupné súbory vygenerované generátorom.
2. Aplikácia musí vedieť vypočítať pridelený podstrom hry reversi pomocou alfa beta osekávania.
3. Aplikáci musí vedieť poslať výsledok na Boinc server vo formáte:

   stavCiernehoHraca_stavBielehoHraca_farbaHracaNaTahu

2.2.4. Implemetácia

Aplikáciu sme implementovali v programovacom jazyku Java.

Aplikácia využíva nasledovné triedy:

- Bitboard – trieda reprezentujúca hráčsku plochu. Poskytuje základné operácie ako generovanie dostupných ťahov, ich vykonanie a rotácie plochy.
- Search – trieda obsahuje metódy, ktoré reprezentujú rôzne algoritmy na prehľadávanie stromu riešení pre hru reversi. Obsahuje algoritmy Negascout, minimax, alphabeta.
- FileForDummies – trieda, ktorá zjednodušuje vytváranie vstupných a výstupných súborov
- Flipper – trieda, ktorá slúži na detekciu a vyfarbovanie políčok uzavretých protihráčom

2.2.5. Testovanie

Aplikáciu sme nasadili na riešenie problému reversi 4x4. Výsledky sa zhodovali s už zistenými hodnotami.

2.3. Vytvorenie projektu

1. Presuň sa do priečinka *HOME*/boinc/tools/
2. Spusti ./make_project [*MOZNOSTI*] project [*MENOPROJEKTU*]

   Hlavné možnosti:

   --*db_name* – názov databázy

   --*db_user* – uživateľské meno pre prihlásenie do databázy

   --*db_passwd* – heslo

   --*delete_prev_inst* – zmaže existujúci projekt s rovnakým názvom

   --*drop_db_first* – zmaže databázu existujúceho projektu s rovnakým názvom
3. Otvor *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*/*MENOPROJEKTU*.readme
4. Pokračuj podľa krokov v otvorenom súbore

2.3.1. Konfigurácia projektu

V priečinku projektu treba zmeniť nastavenia v súbore config.xml. Najprv treba nastaviť maximálny počet spustených aplikácií na jedno jadro.

```
<max_wus_in_progress>1</max_wus_in_progress>
```

Následne podľa potreby nastaviť validátor a asimilátor výsledkov. Oba programy musia byť umiestnené v priečinku *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*/bin.

```
<daemons>
  <daemon>
    <cmd>validator</cmd>
  </daemon>
  <daemon>
    <cmd>assimilator</cmd>
  </daemon>
...
```

2.3.2. Pridanie aplikácie

1. Na konci súbora project.xml nastavte meno aplikácie a užívateľsky prívetivé meno.

   …

```
    </platfrom>
    <app>
        <name>App1</name>
        <user_friendly_name>First Application</user_friendly_name>
    </app>
    <app>
        <name>App2</name>
        <user_friendly_name>Second Application</user_friendly_name>
    </app>
</boinc>
```

2. Následne skopírujte spustiteľný súbor do priečinka *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*/apps/*MENOAPLIKACIE*/*CISLOVERZIE*/*MENOPLATFORMY*/

   CISLOVERZIE – ľubovolné číslo, musí však byť unikátne

   MENOPLATFORMY – zadefinované v project.xml
3. Presuňte sa do priečinka *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*
4. Spustite bin/update_versions
5. Spustite bin/stop && bin/start

Vytvorenie šablón pre aplikáciu

1. V priečinku *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*/templates vytvorte súbory *MENOAPLIKACIE*_in (vstupná šablóna) a *MENOAPLIKACIE*_out (výstupná šablóna).
2. Obsah vstupnej šablóny

```
<file_info>
    <number>0</number>
      //index vstupneho suboru zacina od 1
</file_info>
<workunit>
    <file_ref>
        <file_number>0</file_number>
        <open_name>in</open_name>
            //logicka adresa
            <copy_file/>
            //potrebne pre wrapper
```

```
    </file_ref>
  <rsc_fpops_est>36000000000000</rsc_fpops_est>
    //priblizny pocet potrebnych floating-point operacii
    <rsc_fpops_bound>150000000000000</rsc_fpops_bound>
    //maximalny pocet floating-point operacii
    <min_quorum>1</min_quorum>
    //pocet uloh pre jeden work unit
    <target_nresults>1</target_nresults>
    //pocet vysledkov ktore chceme dosiahnut
</workunit>
```

3. Obsah výstupnej šablóny

```
<file_info>
  <name><OUTFILE_0/></name>
  <generated_locally/>
  <upload_when_present/>
  <max_nbytes>5000000</max_nbytes>
  <url><UPLOAD_URL/></url>
</file_info>
<result>
  <file_ref>
    <file_name><OUTFILE_0/></file_name>
    <open_name>out</open_name>
    <copy_file/>
  </file_ref>
</result>
```

2.3.3. Vytvorenie práce

1. Spusti príkaz cp *VSTUPNYSUBOR* `bin/dir_hier_path *MENOSUBORU*`
2. Spusti bin/create_work –appname *MENOAPLIKACIE MENOSUBORU*

   VSTUPNYSUBOR – cesta k vstupnému súboru

   MENOSUBORU – názov pripraveného vstupného súboru

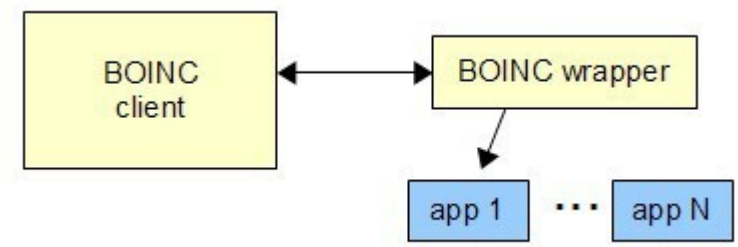
2.3.4. Verziovanie aplikácie

Aplikáciu je nutné verziovať pri každej zmene akéhokoľvek súboru alebo po pridaní aplikácie pre inú platformu. Postup pri verziovaní je nasledovný:

1. Skopírujte nové súbory do priečinka *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*/apps/*MENOAPLIKACIE*/*CISLOVERZIE*+1/*MENOPLATFORMY*/
2. Presuňte sa do priečinka *HOME*/projects/*MENOPROJEKTU*
3. Spustite bin/update_version

2.3.5. Použitie wrapper aplikácie

Pri použití iných programovacích jazykov ako C/C++ alebo FORTRAN nie je možné priamo využívať BOINC client api, je nutné použitie wrapper aplikácie, ktorá nepriamo sprostredkúvava komunikáciu medzi BOINC klientom a aplikáciou, ako aj aplikáciu spúšťa.



Nasadenie takejto aplikácie na BOINC server je podobné ako nasadenie klasickej, natívnej aplikácie, avšak je tu niekoľko zmien:

- Je potrebné do priečinku k samotnej aplikácie pridať wrapper aplikáciu.
- Je potrebné pridať logický súbor job.xml, ktorý slúži ako vstupný súbor pre wrapper aplikáciu.
- Je potrebnú upraviť súbor version.xml, ktorý opisuje súbory, ktoré sú súčasťou aplikácie.

Štruktúra súboru **job.xml**:

```
<job_desc>
    <task>
        <application>worker</application>
        [ <stdin_filename>stdin_file</stdin_filename> ]
        [ <stdout_filename>stdout_file</stdout_filename> ]
        [ <stderr_filename>stderr_file</stderr_filename> ]
```

```
        [ <command_line>--foo bar</command_line> ]
        [ <weight>X</weight> ]
        [ <checkpoint_filename>filename</checkpoint_filename> ]
        [ <fraction_done_filename>filename</fraction_done_filename> ]
        [ <exec_dir>dirname</exec_dir> ]
        [ <multi_process/> ]
        [ <setenv>VARNAME=VAR_VALUE</setenv> ]
        [ <daemon/> ]
        [ <append_cmdline_args/> ]
        [ <time_limit>X</time_limit> ]
    </task>
    [ other <task>s ]
    [
    <unzip_input>
       <zipfilename>foo.zip</zipfilename>
       ...
    </unzip_input>
    ]
    [
    <zip_output>
       <zipfilename>foo.zip</zipfilename>
       <filename>regexp</filename>
       ...
    </zip_output>
    ]
</job_desc>
```

Štruktúra súboru **version.xml**:

```
<version>
  <file>
    <physical_name>PNAME</physical_name>
    [ <main_program/> ]
    [ <copy_file/> ]
    [ <logical_name>LNAME</logical_name> ]
    [ <gzip/> ]
    [ <url>URL0</url> ]
    [ <url>URLn</url> ]
  </file>
  ... more <file>s

  [<dont_throttle/>]
  [<file_prefix>X</file_prefix>]
  [<needs_network/>]
  [<is_wrapper/>]
</version>
```

Na všetky súbory je nutné použiť tag <copy_file/>, inak aplikácia s použitím wrapperu nebude fungovať správne.

2.4. Generovanie stavov

2.4.1. Zadanie

Analyzujte možnosti reprezentácie stavov pre hru Reversi. Implementujte jednoduchý generátor ťahov pre plochu veľkosti 6x6 a 8x8. Nad týmto generátorom vytvorte genérator vstupných súborov pre klientskú časť.

2.4.2. Analýza

V súčasnosti existujú dve hlavné reprezentácie hracej plochy.

- String reprezentácia
- Bitboard reprezentácia

2.4.3. String reprezentácia

Hráčska plocha je reprezentovaná znakmi v reťazci, kde každý znak zodpovedá práve jednému políčku plochy. Každý hráč má v tomto prípade pridelený znak, ktorý ho reprezentuje. Prázdne políčka sú taktiež reprezentované práve jedným znakom. Celú hráčsku plochu je teda možné uložiť do jednej premennej.

2.4.4. Bitboard reprezentácia

Stav v hre je reprezentovaný pomocou bitboard-u. Bitboard sa skladá z troch 64-bitových čísel. Jedného pre čierneho hráča, jedného pre bieleho hráča a jedného pre prázdne políčka.

2.4.5. Zhodnotenie

Pri string reprezentácií dochádza k mrhaniu pamäťových aj výpočtových prostriedkov. Jedno políčko v tomto prípade zaberá 2B a jednou operáciou dokážeme vždy získať iba jeden dostupný ťah.

Bitovými operáciami vieme zistiť všetky dostupné ťahy paralelne. Celá plocha zaberá v tomto prípade 3 * 8B.

2.4.6. Návrh

Na základe analýzy sme sa rozhodli používať bitboard reprezentáciu. Identifikovali sme potrebu implementácie dvoch nástrojov:

- nástroj na generovanie vstupných súborov
- nástroj na vytvorenie work-unit-ov zo vstupných súborov

Požiadavky na nástroje:

- generovanie vstupných súborov s možnosťami

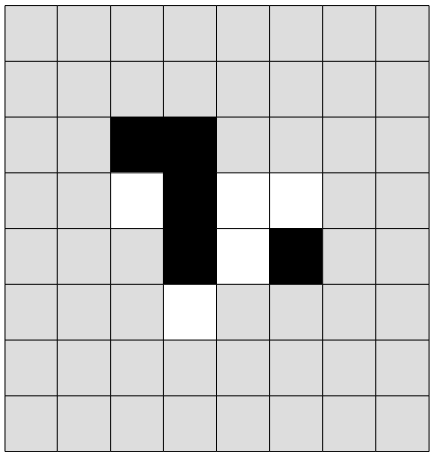
- rozdelenia generovania na dávky
- určenia cieľovej hĺbky
- určenia výstupného priečinka

- vytváranie work-unit-ov pre všetky súbory v danom priečinku

2.4.7. Implementácia

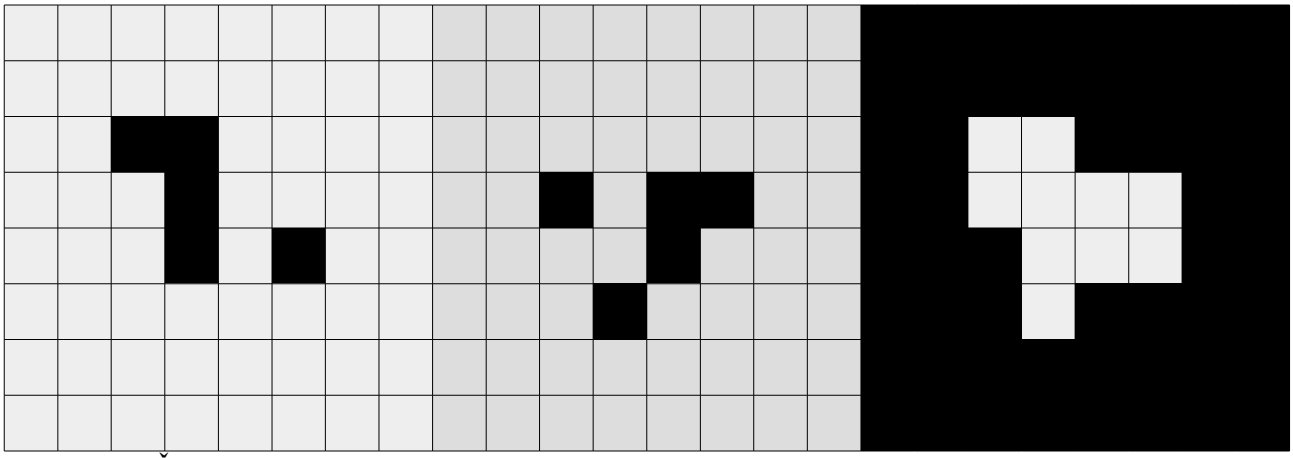
Postup generovania

Uvažujme nasledujúci stav hracej plochy. Čierne políčka v tabuľke reprezentujú čierneho hráča, biele bieleho hráča a šedé reprezentujú prázdne políčka.



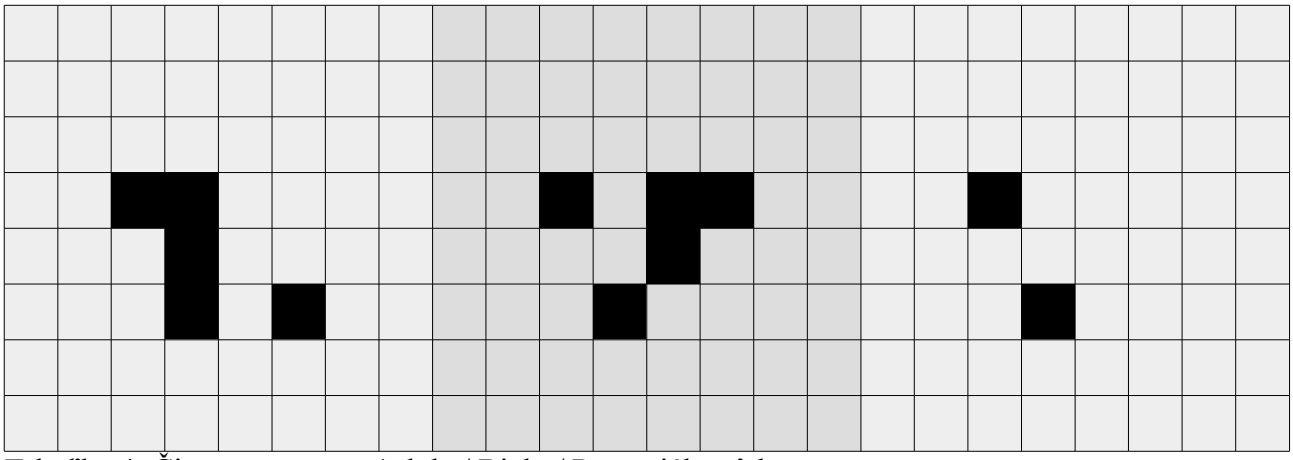
Tabuľka 2: Hracia plocha

Bitboard reprezentácia tohto stavu by vyzerala nasledovne (čierna farba = bit nastavený na 1, šedé = 0).



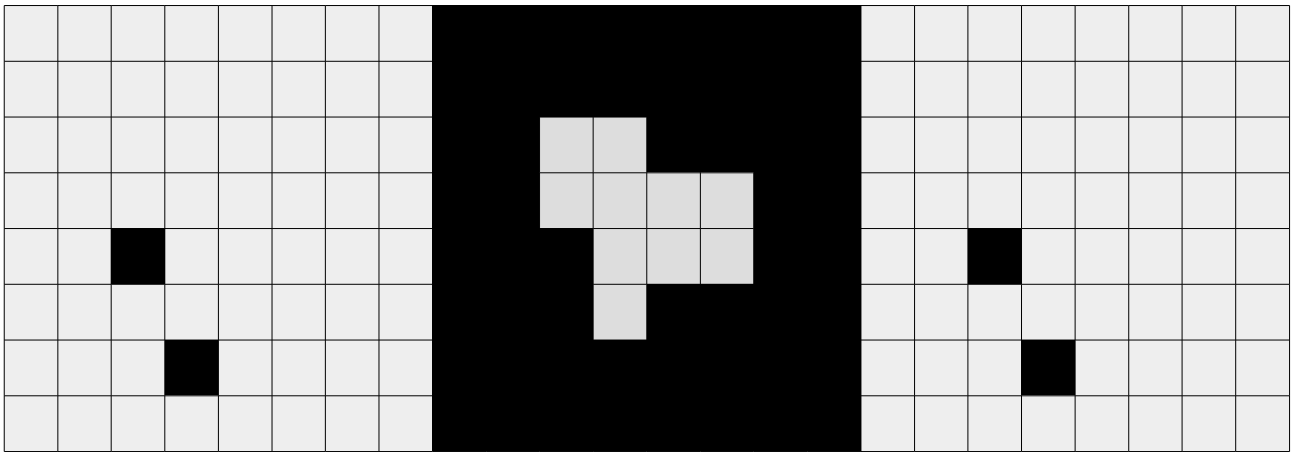
Tabuľka 3: Čierny / Biely / Prázdne

Množinu potenciálnych ťahov získame posunom plochy čierneho hráča o jeden riadok dole a následným vykonaním operácie AND s plochou bieleho hráča. Výsledkom je tretia plocha.



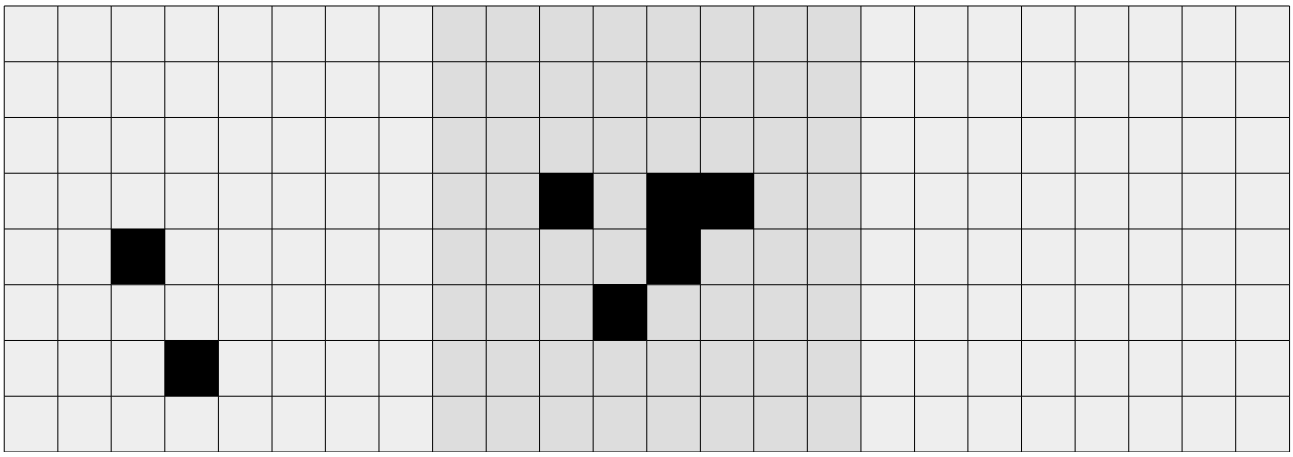
Tabuľka 4: Čierny - posun o 1 dole / Biely / Potenciálne ťahy

Následne posunieme plochu potenciálnych ťahov znovu o jeden riadok dole. Vykonáme bitový AND s plochou prázdnych políčok a tak získame legálne ťahy.



Tabuľka 5: Posun potenciálnych o 1 dole / Prázdne / Legálne ťahy

Vykonaním operácie AND medzi plochou potenciálnych ťahov a plochou bieleho hráča získame ďalšie potenciálne ťahy.



Tabuľka 6: Posun potenciálnych o 1 dole / Biely / Nové potenciálne ťahy

Takýmto spôsobom posunieme plochu celkom osemkrát. Celý tento postup opakujeme vo všetkých ôsmich smeroch.

Implementácia posunov bitboard-u:

- *hore* - bitový posun doľava o 8
- *dole* - bitový posun doprava o 8
- *vpravo* - bitový posun doprava o 1
- *vľavo* - bitový posun doľava o 1
- *diagonála 1* - bitový posun doprava o 9
- *diagonála 1 opačne* - bitový posun doľava o 9
- *diagonála 2* – bitovy posun doprava o 7
- *diagonála 2* - opačne bitový posun doľava o 7

2.4.8. Generátor vstupných súborov

java -jar generator.jar *POCETDAVKA MAXHLBKA VYSTUPP*

POCETDAVKA – long – počet vygenerovaných súborov v jednej dávke

MAXHLBKA – long – maximálna hĺbka, do ktorej sa vstupy majú generovať

VYSTUPP – string – cesta k priečinku, kam sa majú vstupné súbory generovať

Generovať sa dá postupne po *POCETDAVKA* súboroch. Program si pamätá, kde skončil. V pripade generovania odznovu je nutné zmazať vo výstupnom priečinku queue.ser súbor.

2.4.9. Formát vstupného súboru

Vstupný súbor pozostáva z týchto riadkov:

- string reprezentácia long-u zodpovedajúceho ploche čierneho hráča
- string reprezentácia int-u zodpovedajúceho počtu políčok čierneho hráča
- string reprezentácia long-u zodpovedajúceho ploche bieleho hráča
- string reprezentácia int-u zodpovedajúceho počtu políčok bieleho hráča
- string reprezentácia int-u, určujúca ktorý hráč je na ťahu
- string reprezentácia int-u zodpovedajúca hĺbke

2.4.10. Jednoduchý generátor práce

Generátor práce sme implmentovali vo forme jednoduchého bash skriptu, ktorý vytvára pre každý súbor v priečinku “generator/6x6INs“ práve jeden work-unit.

```
app_name="6x6"
for file in generator/6x6INs/*; do
        name=$(basename $file)
        cp $file `bin/dir_hier_path $name`
        bin/create_work -appname $app_name -wu_name $name $name
done
```

2.4.11. Testovanie

Správnosť vygenerovaných stavov sme určili porovnaním s výstupmi existujúcej implementácie hry Reversi s názvom EDAX, ktorá sa dodnes úspešne zúčastňuje mnohých súťaží a je vyvíjaná od roku 2004 dodnes.

2.5. Zhodnotenie šprintu

Vytvorili sme serverovú časť projektu, ktorá dokáže generovať stavy hry reversi do určitej hĺbky a následne vytvoriť workunity pre klientov. Každý workunit obsahuje unikátny stav hry v danej hĺbke, v ktorého prehľadávaní už pokračuje klient.

Analyzovali a implementovali sme taktiež možné algoritmy pre riešenie hry reversi na klientskej časti. Tieto sme porovnali medzi sebou z hľadiska časovej a pamäťovej náročnosti v kontexte distribuovaného počítania. Na základe získaných výsledkov sme sa rozhodli ďalej používať algoritmus Alfa-Beta osekávania.

3. Tretí šprint

V treťom šprinte sme sa zamerali na vytvorenie a nasadenie funkčného prototypu aplikácie na server a klient. Serverová časť vygeneruje strom riešenia hry reversi do určitej hĺbky a vytvorí workunity, ktoré sú následne distribuované klientom a ty prehľadávaním do hĺbky hľadajú riešenia.

Určili sme si nasledovné ciele:

- Dokončiť serverovú aplikáciu a nasadiť ju na server
- Upraviť nami vytvorené prototypy aby pracovali ako klientské aplikácie a nahrať ich na server za účelom ich sťahovania klientmi.
- Spustiť počítanie a nájsť riešenie hry reversi 6x6
- Otestovať a zmerať časy a úspešnosť vyššie spomenutých bodov

3.1. Asimilátor

3.1.1. Zadanie

Analyzujte možnosti a vytvorte asimilátor, ktorý bude vrátené výsledky ukladať do databázy.

3.1.2. Analýza

Výsledok vrátený klientom vo forme súboru uloženého v *upload* priečinku môžeme ďalej spracovávať pomocou programov nazývaných asimilátory. Asimilátory sa starajú o napríklad o premiestnenie súborov z Boinc upload priečinka, prípadne o ďalšie spracovávanie prijatých údajov a ich ukladanie do databázy.

Asimilátor môže byť v Boinc systéme vytvorený pomocou jednej štandardnej funkcie, ktorú systém volá po každom prijatí výsledku. Hlavička funkcie je v tvare:

int assimilate_handler(WORKUNIT& wu, vector<RESULT>& results, RESULT& canonical_result)

Asimilátor potom môžeme spúšťať ako Boinc daemon, jeho zapísaním do konfiguračného súboru *config.xml,* ktorý sa nachádza v projektovom priečinku. Formát zápisu je nasledovný:

<daemon>

<cmd> moj_asimilator -app meno_aplikacie </cmd>

</daemon>

Príkaz má nasledovné parametre:

`--app meno` – meno aplikácie, pre ktorú sa má spúšťať

`[--mod N R]` – asimiluje iba výsledky pre ktoré platí mod(id, N)=R. Takto môžeme spúšťať viac asimilátorov súčasne.

`[--dont_update_db]` – neoznačuje úlohy ako spracované, zanecháva ich v pôvodnom stave vhodné na testovacie účely.

Pre prvú časť nášho projektu v ktorej implementujeme aplikáciu pre vyriešenie stromu hry reversi, sme sa rozhodli zostrojiť vlastný asimilátor, ktorý bude vrátené vrcholy stromu zapisovať do projektovej databázy.

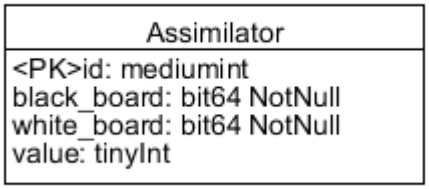
3.1.3. Návrh

Po analýze sme definovali tieto funkčné požiadavky na asimilátor:

1. Asimilátor musí vygenerovať riadky zodpovedajúce pre workunity – tak aby sme vedeli identifikovať, ktorý workunit zodpovedá ktorému riadku.
2. Asimilátor musí množinu vrátených výsledkov zo súborov od klientov vložiť do zodpovedajúcich riadkov.
3. Asimilátor musí spracovať súbor vo formáte:

   stavCiernehoHraca_stavBielehoHraca_farbaHracaNaTahu

Štruktúra tabuľky pre záznam výsledkov je nasledovná:



Obr. Štruktúra tabuľky pre asimilátor

Dátové typy zodpovedajú databáze MySQL.

Opis stĺpcov tabuľky:

- `id` – identifikátor, primárny kľúč tabuľky, veľkosť zvolená ako 3 B číslo, čo umožní vygenerovať až 16 777 216 workunitov.
- `black_board` – predstavuje stav hry z pohľadu čierneho hráča. Ako typ zvolený BIT(64), pretože pri veľkosti poľa 8×8 je možné obsadiť najviac 64 políčok.
- `white_board` – predstavuje stav hry z pohľadu bieleho hráča. Ako typ zvolený BIT(64), pretože pri veľkosti poľa 8×8 je možné obsadiť najviac 64 políčok.
- `value` – predstavuje výsledok riešenia pre počiatočné hracie pole vyjadrené pomocou stĺpcov `black_board` a `white_board`. Ako dátový typ je zvolené 1 B číslo, čo predstavuje najviac 256, pretože výsledný rozdiel medzi čiernym a bielym hráčom nemôže byť väčší ako 64.

Približná veľkosť jedného záznamu tabuľky[3]: 3 B + 2 × ((64+7) / 8) B + 1 B = 20 B.

3.1.4. Testovanie

Asimilátor sme testovali pomocou nami vygenerovaných testovacích súborov, ktoré formátom zodpovedajú výsledkom, ktoré budeme dostávať od klientov. Testovanie prebehlo úspešne, generovanie tabuľky aj ukladanie výsledkov do databázy prebehlo bez problémov.

3 http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/storage-requirements.html

3.2. Inštalácia wiki

3.2.1. Zadanie

Nainštalovať určitu wiki na naš tímovy server

3.2.2. Inštalácia

Prebiehala pomocou nástroja apt, vytvorenie symbolickej linky a nastavenie wiki

1. apt-get install mediawiki php5-gd php5-xcache php-pear
2. vytvoriť symbolicku linku na mediawiki do document root
3. ist na www.stránka.sk/wiki/config/index.php
4. vyplniť údaje na stránke

3.2.3. Spustenie

Po vyplneni údajov je wiki pripravená na používanie

3.2.4. Testovanie

Po nasmerovaní prehliadača na stránku projektu /wiki sa zobrazila stránka wiki

3.3. Príprava prototypu na nasadenie

3.3.1. Zadanie

Upraviť prototyp na riešenie hry Reversi 6x6, aby bol schopný prevádzky na platforme BOINC.

3.3.2. Analýza

Zadanie údajov pre program je na platforme BOINC riešené pomocou vstupných súborov. Vstupné súbory majú názvy logické a fyzické, t.j. BOINC server pošle BOINC klientskej aplikácií súbor s unikátnym názvom, ktorý ho identifikuje a následne ho premenuje na logický názov, takže náš program bude pracovať s logickým názvom, ktorý je vždy rovnaký.

Vytvorenie výstupného súboru, ktorý je následne odoslaný na server je riešené podobne, t.j. zapíšeme výsledok do súboru, s logickým názvom, ktorý je vždy rovnaký, následne ho klientská aplikácia premenuje na fyzický názov a odošle na server.

Keďže naša aplikácia je pustená prostredníctvom wrapper aplikácie, nemáme priamy prístup k BOINC api, takže ďalšie funkcie ako počet vyriešených percent projektu a checkpointing sú riešené pomocou pomocných súborov.

3.3.3. Návrh

Keďže prototyp neobsahuje funkcionalitu na načítavanie vstupných údajov a ani na zápis výstupných údajov zo súboru, je potrebné túto funkcionalitu pridať.

3.3.4. Implementácia

Boli pridané triedy, ktoré umožňujú jednoduchý zápis a čítanie súborov.

Ďalej boli pridané konštanty, ktoré reprezentujú názvy súborov.

3.3.5. Testovanie

Testovanie prebehlo formou kontroly načítania niekoľkých súborov a ich vypísaním na obrazovku.

Podobne prebehlo aj testovanie zápisu do súboru.

3.3.6. Zhodnotenie

Podarilo sa nám upraviť a otestovať prototyp. Výsledná aplikácia funguje spoľahlivo. Avšak v budúcnosti bude potrebné doimplementovať meranie dokončenej časti výpočtu, ako aj pridanie checkpointingu.

3.4. Zhodnotenie šprintu

V treťom šprinte sme sa zamerali na nasadenie aplikácii na server, táto úloha sa nám úspešne podarila a začali sme distribuovane počítať riešenie hry reversi 6x6. Generovanie práce prebiehalo pomocou shell skriptu spusteného manuálne, v projekte nám ešte chýba vytvoriť scheduler.

V čase končenia 3. šprintu sme distribuovane vypočítali 121 workunitov.

4. Big picture

BOINC platforma pre distribuované počítanie skrýva v sebe potenciál. V prvých 3 šprintoch sme sa snažili položiť základy nasadenia platformy pre potreby fakulty. Úspešne sme spustili BOINC server na tímovom serveri.

Hlavnou úlohou bolo overiť fungovanie na určitej úlohe. Vedúci tímu Ing. Peter Lacko, PhD. vyjadril na prvom stretnutí návrh vyriešiť symetrickú hru Reversi s veľkosťou hracej plochy 8×8. Riešenie perfektnej hry nebolo vypočítané. Vyriešenie takejto úlohy je aj v teoretickej rovine veľmi náročné vzhľadom na pamäťové nároky celkového návrhu a celkového počtu všetkých stavov hry. Predtým, ako sa pustíme do riešenia tohto problému, pokúsili sme sa overiť princíp riešenia na zjednodušenej verzii. Rozhodli sme sa, že pre prvý prototyp znížime rozmery hracej plochy na 6×6. Výhodou zjednodušenia úlohy je, že riešenie už bolo vypočítané, preto vieme jasne overiť, či výpočet prostredníctvom distribuovaného výpočtu bude správny.

Na tímovom serveri sa nám podarilo spustiť prvý funkčný prototyp a vygenerovať 52 127 výpočtových úloh. Klientské úlohy sa úspešne posielajú členom tímu, ktorí poskytli svoj procesorový výkon. Za prvý týždeň od spustenia prototypu sme získali 120 súborov s výsledkami. Do riešenia čiastkových úloh nezískavame nových dobrovoľníkov. Aplikáciám pre klientom momentálne chýba niekoľko vlastností, ktoré by ju činili používateľsky prístupnou. Nie je možné prerušiť výpočet ukončením aplikácie alebo vypnutím počítača a následné pokračovanie od posledne vypočítaného stavu.

Aplikáciu sme implementovali v programovacom jazyku Java, pre neexistujúce BOINC API pre tento jazyk sa nám nepodarilo využívať možnosti, ktoré BOINC platforma poskytuje . Avšak pre platformu BOINC existuje API pre C/C++ aplikácie, ktoré poskytujú všetky funkcie. V ďalších krokoch sa zameriame aj na doplnenie tejto funkcionality, pretože bez získania ďalších dobrovoľníkov nie je v kapacite tímu vyriešiť 52 127 čiastkových úloh v rozumnom čase. Pre komplikovanejší problém pri hracej ploche o rozmeroch 8×8 počet úloh bude niekoľkotisicnásobne väčší.

5. Štvrtý šprint

V štvrtom šprinte sme začali skúmať možnosti iných programovacích jazykov pre programovanie aplikácii. K tomuto nás viedol fakt, že boinc API je v C/C++ a pre Javu neexistuje binding. Ďalším dôvodom zmeny jazyka je, že klientská aplikácia v Jave sa javila ako pomalá a to, že v Jazyku C je napísaný kód solvra Edax, ktorý je vysoko optimalizovaný a rýchly.

Definovali sme si následovné ciele:

- Upraviť Edax aby ho bolo možné použiť pre reversi 6x6
- Porovnať časovú náročnosť aplikácii v jazyku C a jazyku Java
- Upraviť a zrýchliť súčasný prototyp v Jave

Dokumentácia:

Úprava edaxu

5.1. Porovnanie používania jazykov C a Java,

5.1.1. Zadanie

Zvážte možnosti klientských aplikácií implementovaných v jazyku C a Java.

5.1.2. Typ úlohy

Analytická

5.1.3. Analýza

Počas riešenia projektových úloh sme sa stretli s viacerými problémami pri programovaní v jazyku Java. Prvý hlavný problém spočíval v nemožnosti využitia Boinc API funkcií priamo v zdrojových kódoch jazyka Java. Následne sme odhalili viaceré problémy pri realizácii algoritmov pre hru Reversi. Kvôli garbage collectoru mala klientská aplikácia vysoké nároky na operačnú pamäť aj procesorový čas. Priemerne potreboval jeden proces 2 GB operačnej pamäte.

Tento problém sme sa rozhodli vyriešiť prechodom na programovací jazyk C. Boinc API je napísaný v jazyku C a poskytuje binding pre jazyky C, C++ a Fortran.

Vďaka tomuto môžeme priamo využívať výhody Boinc systému ako checkpointing. Checkpointing je pre náš projekt obvzlášť dôležitý, pretože je predpoklad, že pri riešení stromu hry Reversi o veľkosti pola 8x8 budú jednotlivé workunity bežať dlhšiu dobu. V prípade, že by systém spadol bez použitia checkpointov, klient by mohol stratiť hodiny

práce.

Taktiež sa nám na základe predbežných testov javí aplikácia napísaná v jazyku C niekoľkonásobne rýchlejšia, ako aplikácia napísaná v Jave. Na serveri trval výpočet jedneho workunitu v Jave približne ~4 hodiny, v jazyku C pomocou Edaxu trvalo vyriešiť celé reversi 6x6 ~25 minút.

5.1.4. Výsledok

Na základe vyššie uvedených argumentov sme sa rozhodli presunúť vývoj hlavnej klientskej aplikácie do programovacieho jazyka C. Pri jazyku Java preskúmame možnosti optimalizácie.

5.2. Wrapper aplikácie

5.2.1. Zadanie

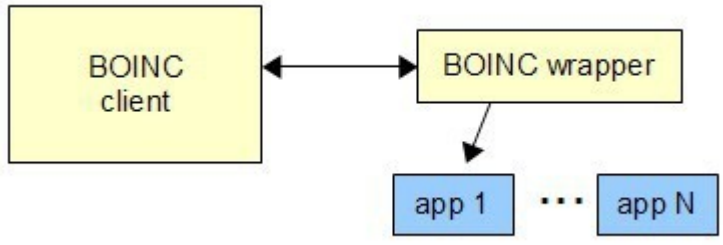
Analyzujte spúšťania aplikácií na platforme BOINC napísaných v inom programovacom jazyku. Pre tento projekt analyzujte programovací jazyk Java.

5.2.2. Typ úlohy

Analytická

5.2.3. Analýza

Pri použití iných programovacích jazykov ako C/C++ alebo FORTRAN nie je možné priamo využívať BOINC client api, je nutné použitie wrapper aplikácie, ktorá nepriamo sprostredkúva komunikáciu medzi BOINC klientom a aplikáciou, ako aj aplikáciu spúšťa.



Nasadenie takejto aplikácie na BOINC server je podobné ako nasadenie klasickej, natívnej aplikácie, avšak je tu niekoľko zmien:

- Je potrebné do priečinku k samotnej aplikácie pridať wrapper aplikáciu.

- Je potrebné pridať logický súbor job.xml, ktorý slúži ako vstupný súbor pre wrapper aplikáciu.
- Je potrebnú upraviť súbor version.xml, ktorý opisuje súbory, ktoré sú súčasťou aplikácie.

Štruktúra súboru **job.xml**:

```
<job_desc>
    <task>
        <application>worker</application>
        [ <stdin_filename>stdin_file</stdin_filename> ]
        [ <stdout_filename>stdout_file</stdout_filename> ]
        [ <stderr_filename>stderr_file</stderr_filename> ]
        [ <command_line>--foo bar</command_line> ]
        [ <weight>X</weight> ]
        [ <checkpoint_filename>filename</checkpoint_filename> ]
        [ <fraction_done_filename>filename</fraction_done_filename> ]
        [ <exec_dir>dirname</exec_dir> ]
        [ <multi_process/> ]
        [ <setenv>VARNAME=VAR_VALUE</setenv> ]
        [ <daemon/> ]
        [ <append_cmdline_args/> ]
        [ <time_limit>X</time_limit> ]
    </task>
    [ other <task>s ]
    [
    <unzip_input>
       <zipfilename>foo.zip</zipfilename>
       ...
    </unzip_input>
    ]
    [
    <zip_output>
       <zipfilename>foo.zip</zipfilename>
       <filename>regexp</filename>
       ...
    </zip_output>
    ]
</job_desc>
```

Štruktúra súboru **version.xml**:

```
<version>
  <file>
    <physical_name>PNAME</physical_name>
    [ <main_program/> ]
    [ <copy_file/> ]
    [ <logical_name>LNAME</logical_name> ]
    [ <gzip/> ]
    [ <url>URL0</url> ]
    [ <url>URLn</url> ]
  </file>
```

```
  ... more <file>s

  [<dont_throttle/>]
  [<file_prefix>X</file_prefix>]
  [<needs_network/>]
  [<is_wrapper/>]
</version>
```

Na všetky súbory je nutné použiť tag <copy_file/>, inak aplikácia s použitím wrapperu nebude fungovať správne.

5.2.4. Zhrnutie

BOINC wrapper poskytuje možnosti spúšťania binárnych súborov nepoužívajúcich BOINC API a vytvorených v inom programovacom jazyku. Podporované jazyky sú Java, Python.

5.3. Inštalácia BOINC servera

5.3.1. Zadanie

Nainštalovať BOINC server.

5.3.2. Typ úlohy

Inštalačná.

5.3.3. Inštalácia

Boinc server sa dá inštalovať viacerými spôsobmi:

- Nainštalovanie upravenej distribúcie Debianu, ktorá už má predinštalovaný BOINC server a je pripravená na používanie. Táto distribúcia sa dá stiahnuť na BOINC stránke[4].
- Použitie balíka, ktorý poskytuje zdroje softvéru danej distribúcie, ak v zdrojoch softvéru existuje balík boinc-server (alebo podobný), tak je tento spôsob doporučený.
- Vlastnou kompiláciou boinc servera.

V našom projekte sme sa rozhodli pre poslednú možnosť a to vlastnú kompiláciu.

Postup inštalácie

1. Nastavenie systému:

4 http://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/VmServer

1.1. Inštalácia potrebných balíkov:

```
m4 make dh-autoreconf pkg-config git vim(alebo nano prípadne iný
editor) libapache2-mod-php5 mysql-server-5.1 libmysqlclient-dev php5-
mysql php5-cli php5-gd phpmyadmin python python-mysqldb libssl-dev
```

1.2. Vytvorenie nového používateľa, pod ktorým bude boinc spúšťať úlohy:

```
usermod -G -a boincadm www-data
```

1.3. Nastavenie MySQL servra:

```
$ mysql -h localhost -u root -p
> GRANT ALL ON *.* TO 'boincadm'@'localhost';
> SET PASSWORD FOR 'boincadm'@'localhost'='';
```

2. Stiahnutie zdrojových súborov boinc-u

```
git clone git://boinc.berkeley.edu/boinc-v2.git boinc-src
```

3. Kompilácia a inštalácia

```
$ cd ~/boinc-src
$ ./_autosetup
$ ./configure --disable-client –disable-manager
$ make
```

Po vykonaní týchto krokoch je boinc server nainštalovaný v priečinku boinc-src, v priečinku tools sú potrebné binárky a skripty na vytvorenie projektu.

5.3.4. Spustenie

BOINC server sa spúšťa pomocou skriptov z priečinka boinc-src/tools

5.3.5. Testovanie

Testovanie úspešnosti inštalácie servera spočíva v spustení testovacieho projektu.

Postup:

1. Vytvorenie projektu:

```
cd boinc-src/tools
./make_project --test_app NAZOV_PROJEKTU
```

2. Nastavenie projektu:

```
cd ~
cd NAZOV_PROJEKTU
cat NAZOV_PROJEKTU.readme
postupovať podľa inštrukcii v readme
```

3. Po vykonaní všetkých inštrukcii by mal byť projekt funkčný. Funkčnosť sa overí pripojením klienta na adresu projektu.
4. Inštalácia BOINC klienta na PC
5. Pridanie nového projektu v klientovi, adresa testovacieho projektu je v tvare:

   http://adresa_servera/NAZOV_PROJEKTU

6. Ak je všetko nainštalované a nastavené správne, tak boinc client by mal začať dostávať workunity a začať pracovať.

5.4. Zhodnotenie šprintu

V štvrtom šprinte sme analyzovali možnosti jazyka C. Dospeli sme k záveru, že vzhľadom na zistené výhody a nevýhody používaniu Javy v našom projekte bude použitie jazyka C vhodnejšie.

6. Piaty šprint

V piatom šprinte sme si naplánovali revíziu práce štvrtého šprintu a dokončenie úloh, ktoré sa nestihli v štvrtom šprinte.

Koncom piateho šprintu sme si dali za cieľ mať funkčnú aplikáciu pre riešenie hry reversi 6x6 pomocou programu Edax.

6.1. Generátor vstupných súborov pre Edax

6.1.1. Zadanie

Analyzovať a preskúmať kód Edax-u. Navrhnúť úpravy potrebné na úpravu Edax-u aby slúžil ako generátor vstupných súborov, z ktorých je možné vytvárať workunity.

6.1.2. Typ úlohy

Analytická

6.2. Analýza

Edax je naprogramovaný v jazyku C. Je to vysoko optimalizovaný kód s množstvom hardcodami funkcii, ktoré každá vykonáva jednú konkrétnu úlohu.

Edax vyžaduje vstupné súbory v FEN formate, tento formát má nasledovnú štruktúru:

V riadku informácie o hracej ploche, každá informácia oddelená ;

- Reprezentácia bitboardu
    - `-` - znazoňuje prázdne poličko
    - O – poličko obsadené jedným hráčom
    - X – políčko obsadené druhým hráčom
- X alebo O – určuje ktorý hráč je na ťahu
- Ťah : ohodnotenie; - zoznam ťahov s ohodnotením

Generovanie stavov pomocou Edaxu si vyžaduje značnú úpravu. Upravený Edax pre riešenie hry reversi 6x6 používa aspiration_serach definovaný v súbore root.c, tento search treba upraviť aby prehľadávanie skončil v určitej hĺbke a v tejto hĺbke ukladal uzly do súboru.

Ohodnotenie stavov sa vykonáva pomocou funkcie move_evaluate definovanej v súbore move.c, tato funkcia počíta ohodnotenie na základe použitého prehľadávania a závisi od mnohých nastavení Edaxu.

Stav v Edaxe je definovaný ako štruktúra, ktorá obsahuje reprezentáciu bitboardu hráča a

protihráča ako aj zoznam možných ťahov. Táto štruktúra sa vypĺňa pomocou rôznych funkcii zo súborov move.c, bitboard.c a bit.c.

6.2.1. Zhrnutie

Pre úpravu Edaxu na generátor bude treba väčšie pochopenie celého edaxu, avšak je teoretický možné upraviť aspiration_search aby pri prehľadávani ukladal stavy do súboru v určitej hĺbke.

6.3. Asimilátor

6.3.1. Zadanie

Rozšírte vytvorený asimilátor o ďalšiu funkcionalitu, ktorá zabezpečí spracovanie čiastočných výsledkov uložených v databáze a výpočet finálneho výsledku úlohy.

6.3.2. Typ úlohy

Implementačná

6.3.3. Analýza

Analýza sa nachádza v šprinte 3 – kapitola xyz

6.3.4. Návrh

Definovali sme tieto funkčné požiadavky na asimilátor:

1. Asimilátor musí generovať strom hry reversi do takej hĺbky x, ako generoval Generátor pri vytváraní workunitov.
2. Asimilátor musí každému uzlu v hĺbke x priradiť jeho zodpovedajúcu hodnotu z databázy. Túto hodnotu sme dostali ako výsledok výpočtu daného uzla (workunitu) u klienta. Ak databáza neobsahuje hodnotu daného uzla, tak mu priradí maximálnu, alebo minimálnu možnú hodnotu, v závislosti od hráča, ktorý je na ťahu.
3. Asimilátor, pomocou alpha-beta algoritmu prejde vytvorený strom hry a určí finálny výsledok.

Použitie alpha-beta algoritmu má niekoľko výhod:

- zrýchli prehľadávanie stromu hry
- dokáže zo získaných čiastočných výsledkov určiť, ktoré uzly (workunity) sú irelevantné pre finálny výsledok. Tieto workunity sa vymažú z databázy. Takto sa zmenší počet workunitov a teda celkový čas na výpočet úlohy.

Tento asimilátor sa bude periodicky spúšťať po pridaní určitého počtu čiastočných výsledkov do databázy, aby sa dosiahlo čo najefektívnejšie odsekávanie workunitov.

6.4. zhodnotenie šprintu

Prototyp reversi 6x6 sme úspešne spustili a vypočítali pomocou neho niekoľko workunitov

7. Big picture

Platforma BOINC pre distribuované počítanie skrýva v sebe potenciál. Úlohou projektu je vytvoriť infraštruktúru pre distribuované počítanie. Na tímovom serveri je nainštalovaný BOINC server.

Po návrhu vedúceho projektu sme sa rozhodli vyriešiť symetrickú hru Reversi 8×8, ktorej riešenie perfektnej hry nebolo vypočítané kvôli pamäťovým nárokom. Pre prvý prototyp sme veľkosť hracej plochy znížili na 6×6, pretože riešenie perfektnej hry je možné overiť už existujúcimi riešeniami, ktoré neboli vyriešené distribuovane.

Prototyp bežal už v treťom šprinte a bol vytvorený v programovacom jazyku Java. Vygenerovali sme 52 127 výpočtových úloh, ktoré boli distribuované členom tímu. Prvý prototyp odhalil niekoľko nedostatkov, ktoré vyplývajú požívaním jazyka Java a platformy BOINC. BOINC API neposkytuje funkcie pre prácu s týmto jazykom. Riešenie jednej čiastkovej úlohy trvá neprimerane dlho na počítačoch slabších konfigurácií. Spomalenie výpočtu je spôsobené volaním Garbage Collector-a virtuálneho stroja jazyka Java.

Kvôli tomu do konca piateho šprintu bolo vrátených len 183 súborov obsahujúcich riešenie čiastkových úloh, čo je porovnaní s celkovým počtom úloh veľmi malé číslo, ktoré pri podobnej rýchlosti riešenia nebude postačovať na vyriešenie hry s hracím poľom veľkosti 8×8.

Tento prototyp bude musieť byť nahradený novým. Rozhodli sme sa, že druhý prototyp bude vytvorený v C/C++. Porovnávacie testy rýchlosti riešenia jednej aplikácie v natívnom kóde ukázali, že rozhodnutie vymeniť jazyk Java bolo správne. Čas riešenia sa znížil z mesačných hodnôt na čas niekoľko desiatok minút. Tiež môžeme využiť poskytované API funkcie platformy BOINC pre C/C++ a tak spraviť našu aplikáciu užívateľský prístupnejšou.

Pre ďalšie používanie fakultného BOINC servera inými tímami a používateľmi bola vytvorená používateľská príručka a wiki stránka, ktorá je priebežne dopĺňaná.

8. Plán

8.1. Plán do februára

12. 12. 2013 – 7. 1. 2014
- prestávka a čerpanie nových síl
- študovanie Edax kódu
- dokončenie nového prototypu bez BOINC API

7. 1. 2014 – 21. 1 .2014
- práca na druhom prototype, využívanie BOINC API
- implementácia asimilátora
- nasadenie prototypu v jazyku C

21. 1. 2014 – 3. 2. 2014
- riešenie klientských úloh
- hľadanie ďalšej výpočtovej úlohy
- práca na používateľskej príručke a wiki

3. 2. 2014 – 17. 2. 2014
- vyhodnotenie riešenia Reversi 6×6
- práca na používateľskej príručke a wiki

8.2. Plán na letný semester

- Po vyhodnotení prototypu hry Reversi s veľkosťou hracieho poľa 6×6 riešiť hlavný problém hra Reversi s veľkosťou hracej plochy 8×8.
- Analyzovať možnosti distribuovaného riešenia druhej výpočtovej úlohy
- Vytvoriť používateľské príručky a napísanie návodov na wiki pre tímy a používateľov, ktorí nadviažu na našu prácu.
- Pokúsiť sa vytvoriť skripty a nástroje pre jednoduchšiu prácu s fakultným gridom.

9. Šiesty šprint

V šiestom šprinte sme sa zamerali na možnosť počítania na GPU. Skúmali a analyzovali sme možnosti platformy CUDA od Nvidie. Okrem analýzy platformy CUDA uvedieme aj príklady programov napísaných v tomto jazyku a porovnáme kód napísaný v CUDA-e a v jazyku C z pohľadu písania kódu (výkon nie je potrebne porovnávať, vzhľadom na fakt že CUDA sa vykonáva na GPU a programy napísané v jazyku C zas na CPU).

Cieľom tohto šprintu je zanalyzovať možnosti počítania výpočtovo náročných úloh na GPU.

9.1. Analýza možnosti počítania na GPU

9.1.1. Zadanie

Analyzujte možnosti počítania na GPU. Zamerajte sa na platformu CUDA od Nvidie, uveďte aj iné alternatívy.

9.1.2. Typ úlohy

Analytická

9.1.3. Analýza

Platforma BOINC poskytuje možnosť distribuovať a spúšťať programy napísané špeciálne pre danú GPU, medzi najznámejšie možnosti patrí platforma CUDA a openCL. CUDA je špeciálne navrhnutá platforma na paralelné počítanie na GPU, openCL je podobne ako CUDA platforma na paralelné počítanie na GPU ale openCL je viac generická a podporuje ju viacej výrobcov. Výhoda CUDA je v tom že programy napísané pre túto platformu sú extrémne rýchle, nevýhoda je že sú späté s GPU od Nvidie, oproti tomu openCL poskytuje takisto extrémnu rýchlosť výpočtu ale je podporované všetkými výrobcami grafických čipov ako napríklad Intel, Nvidia, AMD ...

CUDA

CUDA je model pre paralelné programovanie pre grafické karty (GPU), ktorý umožní využitie ich vysokého výpočtového výkonu. Platforma CUDA je určená pre grafické karty Nvidia.

Pre programovanie v CUDA je najvhodnejšie využiť jazyk C/C++. CUDA rozširuje tento jazyk o nové deklarácie, ktoré špecifikujú, ktorá časť programu bude bežať na grafickej karte a s ktorými dátami bude program na grafickej karte počítať a ktoré dáta sa vrátia do programu ako výsledok. Programy napísané v iných jazykoch, ako Java, Python, C#, Fortran je možné spustiť pomocou wrappera.

Na vytváranie programov potrebujeme samozrejme počítač s grafickou kartou Nvidia a nainštalovaný CUDA Toolkit. Pre viac informácií ohľadom inštalácie na všetkých podporovaných operačných systémoch odporúčame navštíviť stránku Nvidia[5]. CUDA Toolkit je voľne dostupný a obsahuje:

- debugger v príkazovom riadku alebo v grafickom móde
- profiler v príkazovom riadku alebo v grafickom móde
- špeciálne knižnice optimalizované pre GPU
- CUDA C/C++ kompilátor
- nástroje na manažment GPU
- a mnoho iných funkcií

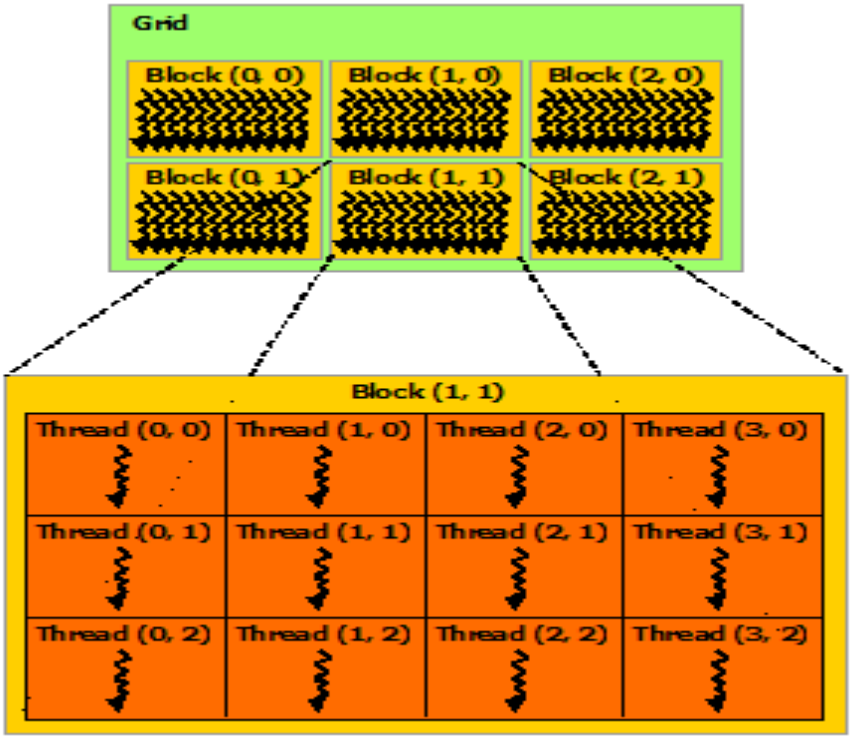
Základných princípom pre programovanie v jazyku C je oddelenie výpočtovo náročného kódu, ktorý sa presunie na grafickú kartu. Programátor sa sám musí rozhodnúť, akým spôsobom rozdelí mienený výpočet tak, aby čo najviac využil možnosti paraleného spracovania na grafickej karte.

Prístup k jednotlivým vláknam zabezpečujú 3 premenné CUDA API.

- `blockDim` – vyjadruje rozmer každého bloku
- `blockIdx` – vyjadruje identifikátor bloku v mriežke
- `threadIdx` – identifikátor vlákna v bloku

Každá z nich obsahuje x-ovú, y-ovú a z-ovú zložku (napr. `blockDim.x` a pod.). Identifikácia vlákna záleží podľa spôsobu rozdelenia výpočtu na rozmer a počet blokov.

5 http://docs.nvidia.com/cuda/index.html



Obrázok 1: Schéma rozdelenia na 2D bloky

ID vlákna si preto vieme jednoducho vypočítať, ak ide o jednorozmerný blok, ID vlákna je zhodné s ID vlákna v bloku. Pre 2D blok veľkosti (Dx, Dy) je ID = x + y Dx a pre 3D blok (Dx, Dy, Dz) je ID = x + y Dx + z Dx Dy

Každý blok najnovších grafických kartách obsahuje až do 1024 vlákien[6].

6 Hlavne pre staršie grafické karty je vhodné si overiť pred výpočtom, koľko jadier a vlákien obsahuje grafická karta. Ak je na výpočet definovaných viac vlákien, ako je podporovaných, bude vrátený výsledok, ako keby sa žiadnej výpočet nevykonal.

Príklad:

Ukážeme si podrobne okomentovaný príklad výpočtu súčtu vektorov, ktorý sa vykoná paralelne na grafickej karte.

```
void VectorAdd(int *a, int *b, int *c, int n)
{
	int i;
	for(i = 0; i < n; i++)
	{
		c[i] = a[i] + b[i];
	}
}
```

Súčet vektorov pri výpočte na CPU by sme mohli napísať nasledovne:

Zvyšok zdrojového súboru `.c`:

SIZE definuje počet vlákien

BLOCK definuje počet blokov

```
int main()
{
	int *a, *b, *c;

	a = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	b = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	c = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);

	for(int i = 0; i < SIZE * BLOCK; i++)
	{
		a[i] = i;
		b[i] = i;
		c[i] = 0;
	}

	VectorAdd(a, b, c, SIZE);

	free(a);
	free(b);
	free(c);

	return 0;
}
```

Pre úpravu na paralelný výpočet si musíme program upraviť. Zdrojový súbor pre GPU má koncovku `.cu`. V tomto súbore je možné písať akýkoľvek kód jazyka C. Naviac sa do `.cu` súboru píšu nové deklarácie, ktoré sú určené pre výpočet na GPU.

```
__global__ void VectorAddGPU(int *a, int *b, int *c)
{
     int i = blockDim.x * blockIdx.x + threadIdx.x;
     c[i] = a[i] + b[i];
}
```

Zmeny oproti pôvodnej funkcií sú vyznačené červenou farbou. `__global__` deklarácia pri definícií špecifikuje, že táto časť kódu je určená pre GPU. Ďalej sa vo funkcií nechádza cyklus. Ten je nahradený výpočtom ID vlákna. Funkcia sa spustí paralelne pre špecifikovaný počet vlákien a je potrebné správne určiť index vo vektore, aby sa výpočty neprekrývali.

Už z upravenej funkcie môže byť zrejmé, že pôjde len o 1D blok.

Ako už bolo spomenuté, princíp výpočtu na grafickej karte spočíva v presune dát z pamäte počítača do pamäte grafickej karty. Na to sú definované 3 nové premenné `*d_a, *d_b, *d_c`. Pre tieto 3 premenné si alokujeme rovnakú veľkosť v pamäti ako pre premenné pre pamäť počítača. Na to slúži funkcia CUDA API `cudaMalloc`.

Ďalej prostredníctvom `cudaMemcpy` prekopírujeme hodnoty vektorov do pamäte GPU. Vstupné parametre:

1. cieľ
2. zdroj
3. veľkosť
4. smer kopírovania

Cuda memcopy

kopíruje dáta 2 smermi:

- `cudaMemcpyHostToDevice` – smer z pamäte počítača na zariadenie GPU
- `cudaMemcpyDeviceToHost` – opačný smer.

Syntax `<<< … >>>` určuje počet vlákien a počet blokov v mriežke. V našom prípade `BLOCK` jednorozmerných blokov a `SIZE` vlákien pre jeden blok. Vstupnými typmi do syntaxe je buď `int`, alebo pre viacrozmerné bloky typ `dim3`.

Na záver uvoľnenie pamäte aj pre GPU – funkcia `cudaFree`.

Celý, tentoraz už `.cu` súbor s potrebnými zmenami červenou farbou:

```
int main()
{
	int *a, *b, *c;

	int *d_a, *d_b, *d_c;

	a = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	b = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	c = (int *) malloc(sizeof(int) * SIZE * BLOCK);

	cudaMalloc(&d_a, sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	cudaMalloc(&d_b, sizeof(int) * SIZE * BLOCK);
	cudaMalloc(&d_c, sizeof(int) * SIZE * BLOCK);

	for(int i = 0; i < SIZE * BLOCK; i++)
	{
		a[i] = i;
		b[i] = i;
		c[i] = 0;
	}

	cudaMemcpy(d_a, a, sizeof(int) * SIZE * BLOCK,
cudaMemcpyHostToDevice);
	cudaMemcpy(d_b, b, sizeof(int) * SIZE * BLOCK,
cudaMemcpyHostToDevice);
	cudaMemcpy(d_c, c, sizeof(int) * SIZE * BLOCK,
cudaMemcpyHostToDevice);

	VectorAdd<<< BLOCK, SIZE >>>(d_a, d_b, d_c);

	cudaMemcpy(c, d_c, sizeof(int) * SIZE * BLOCK,
cudaMemcpyDeviceToHost);

	free(a);
	free(b);
	free(c);

	cudaFree(d_a);
	cudaFree(d_b);
	cudaFree(d_c);
	return 0;
}
```

Súčasťou CUDA Toolkit je aj kompilátor `nvcc`, prostredníctvom, ktorého si vytvoríme spušťateľný súbor podobne ako iným C kompilátorom:

```
nvcc -o main main.cu
```

9.1.4. Zhrnutie

CUDA toolkit je plne pripravený na vývoj aplikácii. Jazyk v ktorom sa programujú CUDA aplikácie je veľmi podobný jazyku C. Mnohé aplikácie naprogramované v C sa budú dať pre svojich autorov jednoducho prepísať do CUDA.

CUDA sa veľmi hodí pre BOINC vzhľadom na fakt, že sa pomocou BOINC-u riešia výpočtovo náročné úlohy, ktorých vykonávanie CUDA veľmi zrýchľuje.

9.2. Zhodnotenie šprintu

V šprinte sme zhodnotili možnosti platformy CUDA. Chýba ešte detailná analýza openCL.

10. Siedmy šprint

V siedmom šprinte sa venujeme viac našej aplikácii reversi 6x6 a jej optimalizácii. Okrem riešenia reversi 6x6 nasadíme aj aplikáciu na riešenie hry reversi 8x8. Pre túto aplikáciu potrebuje urobiť rôzne modifikácie reversi 6x6 ale aj potrebujeme nájsť spôsob ako obísť určite nedostatky platformy BOINC.

Cieľom šprintu je nasadiť aplikáciu na riešenie reversi 8x8.

10.1. Heuristiky pre hru reversi

10.1.1. Zadanie

Preskúmajte a analyzujte rôzne heuristiky pre hru reversi.

10.1.2. Typ úlohy

Analytická

10.1.3. Analýza

Funkcia sa skladá z viacerých heuristík:

1. **Pomer kamenov:**

```
Coin Parity Heuristic Value =
     100 * (Max Player Coins - Min Player Coins ) / (Max Player
     Coins + Min Player Coins)
```

Potrebujeme poznať:

- počet kameňov oboch hráčov

2. **Mobilita**

```
if ( Max Player Moves + Min Player Moves != 0)
     Mobility Heuristic Value =
          100 * (Max Player Moves - Min Player Moves) / (Max
          Player Moves + Min Player Moves)
else
     Mobility Heuristic Value = 0
```

Potrebujeme poznať:

- počet možných ťahov oboch hráčov

3. Rohy

```
if ( Max Player Corners + Min Player Corners != 0)
     Corner Heuristic Value =
     100 * (Max Player Corners - Min Player Corners) / (Max Player
     Corners + Min Player Corners)
else
     Corner Heuristic Value = 0
```

Potrebujeme poznať:

- počet zajmutych rohov oboch hráčov

Vysledna heuristika:

```
score =(10*pomer)+(801.724*rohy)+(78.922*mobilita);
```

Viac informácii na stránke v poznámke pod čiarou[7], okrem detailného opisu je tam aj celý kód v jazyku C++.

Príklad ohodnotenia hracej plochy:

	a	b	c	d	e	f	g	h	
1	99	-8	8	6					1
2		-24	-4	-3					2
3			7	4					3
4				0					4
5									5
6									6
7									7
8									8
	a	b	c	d	e	f	g	h	

Obrázok 2: Ohodnotenie hracej plochy

7 http://kartikkukreja.wordpress.com/2013/03/30/heuristic-function-for-reversiothello/

10.1.4. Zhodnotenie analýzy

Použitie heuristiky opísanej v tejto analýze by malo byť účinnejšie ako použitie statických heuristík (obrázok 2.)[8]

10.2. Spúšťanie BOINC aplikácie na všetkých dostupných CPU

10.2.1. Zadanie

Implementujte cross-platformový spôsob získania počtu dostupných CPU alebo jadier CPU na PC.

10.2.2. Typ úlohy

Implementačná

10.2.3. Analýza

Našu aplikáciu reversi potrebujeme byť schopný púšťať na všetkých dostupných CPU. BOINC poskytuje množstvo funkcii na podporu multitreadových aplikácii avšak táto možnosť medzi nimi chýba.

BOINC poskytuje len statický spôsob definovania počtu CPU a podľa toho distribuuje aplikáciu na klientské počítače. My potrebujeme aby vždy bolo našou aplikáciou využitých maximálny počet CPU, takéto dynamické škálovanie aplikácii v BOINC chýba.

10.2.4. Návrh

Okrem prístupu k BOINC API máme prístup aj k OS cieľového počítača, na ktorom sa vykonáva aplikácia. Toto sa dá využiť keďže každá platforma (Windows, Linux, OSX) poskytuje metódy ako získať informácie ohľadom CPU.

Riešenie používa špeciálne systémové volania. Pod Linuxom to môže byť napríklad sysconf(_SC_NPROCESSORS_ONLN), alebo môžeme priamo čítať a parsovať súbor /proc/cpuinfo. Prvý spôsob je jednoduchší na implementáciu.

10.2.5. Implementácia

```
int get_cpu_number(void)
{
      int n = 0;

#if defined(ANDROID)
      char file[64];
```

8 http://www.samsoft.org.uk/reversi/strategy.htm#position

```
      FILE *f;

      for (n = 0; n < MAX_THREADS; ++n) {
            sprintf(file, "/sys/devices/system/cpu/cpu%d", n);
            f = fopen(file, "r");
            if (f == NULL) {
                  break;
            }
            fclose(f);
      }

#elif defined(_SC_NPROCESSORS_ONLN)
      n = sysconf(_SC_NPROCESSORS_ONLN);

#elif defined(_WIN32)
      SYSTEM_INFO info;
      GetSystemInfo(&info);
      n = info.dwNumberOfProcessors;

#elif defined(__APPLE__) /* should also works on any bsd system */
      int mib[4];
      size_t len;

      mib[0] = CTL_HW;
      mib[1] = HW_AVAILCPU;
      sysctl(mib, 2, &n, &len, NULL, 0);
      if (n < 1) {
            mib[1] = HW_NCPU;
            sysctl( mib, 2, &n, &len, NULL, 0 );
      }

#endif
      if (n < 1) n = 1;
      return n;
}
```

10.3. Obmedzenie pamäte pre BOINC aplikáciu

10.3.1. Zadanie

Implementujte cross-platformový spôsob zistenia celkovej dostupnej operačnej pamäte na dostupnej na PC.

10.3.2. Typ úlohy

Implementačná

10.3.3. Analýza

Náš program na riešenie reversi, defaultne zaberie veľké množstvo pamäte (všetku čo má k dispozícii) no toto sa dá obmedziť v našom programe obmedziť.

Na obmedzenie pamäte potrebujeme vedieť koľko pamäte má cieľový počítač k dispozícii a potom z tejto pamäte zoberieme určitú časť (napríklad 50%) a vyhradíme ju našej aplikácii.

10.3.4. Návrh

Podobne ako v prípade CPU existuje taká istá možnosť aj s pamäťou.

10.3.5. Implementácia

Získanie pamäte pod Windowsom:

```
MEMORYSTATUSEX status;
status.dwLength = sizeof(status);
GlobalMemoryStatusEx( &status );
return (size_t)status.ullTotalPhys;
```

Získanie pamäte pod Linuxom:

```
#elif defined(_SC_PHYS_PAGES) && defined(_SC_PAGESIZE)
     /* FreeBSD, Linux, OpenBSD, and Solaris. -------------------- */
     return (size_t)sysconf( _SC_PHYS_PAGES ) *
          (size_t)sysconf( _SC_PAGESIZE );
```

10.4. Zhodnotenie šprintu

Podarilo sa nám obísť nedostatky platformy BOINC a implementovali sme všetky potrebné funkcie na nasadenie aplikácie reversi 8x8.

Aplikáciu sme aj nasadili a začali sme počítať workunity.

11. Ôsmy šprint

V poradí ôsmom šprinte sme sa zamerali na vytvorenie prototypov aplikácii pre rôzne platformy.

Cieľom je vytvoriť templaty aplikácii, kostry, ktoré sa budu dať v budúcnosti použiť ako začiatočný bod pre nový projekt používajúci BOINC.

11.1. Boinc na Androidoch

11.1.1. Zadanie

Opíšte spôsob ako vytvoriť knižnice pre programovanie aplikácii pre BOINC bežiace na platforme Android.

11.1.2. Typ úlohy

Analytická

11.1.3. Analýza

Boinc client

***Požiadavky*:**

1. *Android NDK*

Podľa inštrukcií na oficiálnej stránke Android developer network[9] je potrebné nainštalovať Android NDK, ktoré obsahuje potrebný tool chain na skompilovanie BOINC-u pre Android.

2. *Openssl*

Openssl zdrojáky **openssl-1.0.1c.tar.gz**

3. *Curl*

Curl zdrojáky http://curl.haxx.se/download.html

4. *Boinc z gitu*
5. *Android SDK*

Nainštalovať podľa inštrukcií na stránke https://developer.android.com/sdk/index.html

Build

1. *Nastavenie NDKROOT :*

export NDKROOT=”Path to Android NDK”.

2. V boincu sa v priečinku **./android** nachádzajú všetky buildovacie skripty potrebné na

9 https://developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.html

zbuildovanie knižníc aj klienta.

3. *Inštalacia android toolchainu:*

./build_androidtc_arm.sh nainštaluje toolchain do priečinka *"$HOME/androidarm-tc"*

4. *Build openssl pre android arm:*
    1. Nastaviť cestu k openssl zdrojákom v *./build_openssl_arm.sh* premenná OPENSSL
    2. Spustiť *./build_openssl_arm.sh*. Výsledkom by mali byť nainštalované openssl knižnice v android toolchaine.
5. *Build curl pre android arm:*
    1. Nastaviť cestu k curl zdrojákom v *./build_openssl_arm.sh* premenná CURL
    2. Spustiť *./build_curl_arm.sh*. Výsledkom by mali byť nainštalované curl knižnice v android toolchaine.
6. *Build boinc knižníc pre android arm*

./build_libraries_arm.sh .Produktom úspešného buildu sú knižnice v priečinku boinc. Skontrolovať či sú knižnice zbuildované pre ARM architektúru:

file $BOINC_HOME/api/boinc_api.o

7. *Build clienta:*
    1. Zmeniť v build_boinc_arm.sh riadok „cd android “ na:

```
cd android
mkdir –p “BOINC/assets”
mkdir –p “BOINC/assets/armeabi-v7a”
```

8. *Build Android aplikácie:*
    1. V priečinku android/ProjectApp sa nachádza Android Eclipse projekt. Je potrebná naimportovať projekt do Eclipsu. A do assetov projektu pridať obsah celého priečinku „*BOINC/assets*“
    2. Z buildovať projekt ako klasickú Android aplikáciu.
    3. Nainštalovať aplikáciu priamo na zariadenie.

Poznámka: Na build aplikácie je možne aj použiť aj Android Studio ale je potrebne vygenerovať štruktúru projektu cez Eclipse.

Boinc aplikácia Example_app

V sample priečinku boinc api sa nachádza aplikácia Example_app. Zbuildovanie spustením scriptu *“./build_android.sh*”.

Nakonfigurovanie buildovania projektu (pridanie knižníc) v súbore “*Make_android*”.

Boinc v eclipse

Pre spustenie testovacie ucely je možne vyvíjať aplikáciu v eclipse. Je potrebne aby boli nainštalované android NDK, SDK. A taktiež v eclipse nainštalovaný Android adt plugin:

http://developer.android.com/tools/sdk/eclipse-adt.html.

Android aplikácie, aby mohli byť spustené samostatne musia byť zabalené a podpísané v .apk balíku. Takýto balík sa nainštaluje na zariadenie a takúto aplikáciu je možné potom spúšťať priamo na zariadení.

Klasická Android aplikácia neobsahuje main ako ostatné ale v Android Manifeste sa zadefinujú komponenty, ktoré sa majú spustiť pri štarte aplikácie.

Primárny jazyk pre vývoj aplikácií pre android platformu je java, avšak cez NDK je možné do aplikácie pripojiť tzv. native kód, ktorý môže byť vyvýjaný v c a c++. Takýto kód sa po z buildovaní dynamicky loaduje ako shared lib.

Na testovanie algoritmu aplikácie je treba spraviť následné kroky

1. Stiahnuť sample appku z gitu *git@git.jur1cek.eu:blackmoron/samples.git a vytvoriť projekt v eclipse*

File->New->Other->Android->Android project from existing code

2. Pridať Android Native support pravým klikom na projekt:

Android tool -> Add native support ...

3. V súbore *Example_app/jni/Android.mk* je potrebné zmeniť absolútne cesty na aktuálne.
4. V súbore uc2.cpp je example applikácie. Totoje potrebné zmeniť na vlastný algoritmus.
5. Niektoré boinc_funkcie nemusia byť funkčné z dôvodu, že boinc api sa snaží vytvárať súbory v aktuálnom priečinku čo neumožňuje android platforma. Pokiaľ sa potom aplikácia skompiluje podľa návodu Example app a android klient stiahne takúto aplikáciu zo servera, klient zabezpečí jej spustenie v priečinku z príslušnými write právami.

Note: tento návod slúži len na testovanie aplikácie reálnu aplikáciu treba potom vybuildovať cez Example app.

11.1.4. Zhrnutie

Na prácu s BOINC-om na platforme Android je za potreby mať nainštalované Android NDK a SDK, okrem toho sú potrebné aj iné knižnice ako openSSL a cURL a iné v závislosti od konkrétneho projektu.

11.2. Zhodnotenie šprintu

V šprinte sme vytvorili templaty aplikácii pre BOINC. Tieto templaty sú napísané v jazyku C.

12. Deviaty šprint

V predposlednom deviatom šprinte sme začali pracovať na novom projekte. Tento projekt sa zameriava na spracovanie DNA reťazcov pomocou distribuovaného počítania pomocou BOINCu.

Cieľom je zanalyzovať možnosti riešenia DNA prostredníctvom BOINC platformy.

12.1. Analýza možnosti počítania DNA pomocou BOINC

12.1.1. Zadanie

Zanalyzujte možnosti riešenia DNA prostredníctvom BOINC platformy.

12.1.2. Typ úlohy

Analytická

12.1.3. Analýza

DNA a BOINC

Na platforme BOINC v rámci jednej organizácie je možné riešiť viacero projektov naraz. Jednou z možných aplikácii distribuovaného riešenia nejakého výpočtovo náročného problému, ktorým sme sa rozhodli zaoberať bolo riešenie symetrickej hry Reversi 8×8.

Na Fakulte informatiky a informačných technológii sa momentálne rozbieha výskum spracovania veľkého množstva dát, konkrétne DNA, ktoré by bolo možné upraviť pre fakultný grid. Preto sme sa rozhodli analyzovať, či sa podobným problémom zaoberá nejaký projekt, ktorý je implementovaný pomocou BOINC.

DNA@Home

DNA@Home[10] je projektom Univerzity Severná Dakota. Cieľom je objavenie princípu, ktorý reguluje gény v DNA, že sa dokážu špecifikovať na iné typy buniek (kostné, kožné, …). Podstatou, ktoré gény sa aktivujú v určitom okamihu je transkripcia, kde molekula polymerázy prechádza sekvenciou DNA od začiatku až po koniec génu vytvorením RNA správy. Ostatné molekuly - „transkripčný faktor“ sa spoja s DNA na začiatku génu a môžu napomôcť k aktivovaniu alebo deaktivovaniu polymerázy. Spojenie týchto molekúl spôsobuje, že niektoré gény sú práve aktívne a niektoré nie. Ale nevie sa, ktoré konkrétne molekuly sú zodpovedné za reguláciu.

Workunity prechádzajú malé vzorky nukleotidov[11] v DNA, ktoré sa objavujú na mnohých začiatkoch génov skoro zhodne na rovnakej pozícii genómu.

10 http://volunteer.cs.und.edu/dna/
11 http://sk.wikipedia.org/wiki/Nukleotid

Posledná aktualizácia informácií o projekte pochádza z 23. 12. 2013. Oznamuje o nových dátach, ktoré by mali pochádzať z ľudského genómu a cieľom by malo byť nájdenie proteínu, ktorý by mal byť nejakým spôsobom spätý s rôznymi génmi spôsobujúcimi rakovinu.

K projektu sme sa rozhodli pripojiť a vyskúšať frekvenciu posielania úloh, časovú náročnosť a výpočtovú zložitosť jedného workunitu. Avšak projekt sa zdá byť neaktívny, pretože od pripojenia sme neprijali žiadnu úlohu[12]. Podporované sú operačné systémy Windows, Linux a OS X.

World Community Grid

World Community Grid[13] je rozsiahly projekt, ktorý sa zameriaval a zameriava na rôzne oblasti problémov, pri ktorých je potrebné využiť vysoký výpočtový výkon. Súčasťou bolo aj zameranie na výpočty DNA. Podporované sú všetky platformy vrátane Android a grafických kariet AMD a NVidia.

Prvým projektom bol **Human Proteome Folding**[14]. Prebiehal od novembra 2004 do júna 2006. Preložiť by sme to mohli ako skladanie ľudských bielkovín. Bielkoviny tvoria základ buniek a reakcií v živých organizmoch. Vychádzal z objavenia ľudského genómu, ktorý tvoria gény. Každý gén je časť dlhej sekvencie DNA, ktorý špecifikuje vlastnosti aminokyselín. Aminokyseliny sú časti, ktoré vytvárajú bielkoviny. Aminokyseliny dokážu vytvárať štruktúry tým, že sa skladajú a rozvetvujú do rôznych tvarov. Od typu aminokyseliny závisí, akým spôsobom sa bielkovina rozvetví alebo či je možné, aby len niektoré aminokyseliny dokázali vytvoriť určitú štruktúru. Od spôsobu rozvetvenia a tvaru bielkoviny je možné jej vlastnosti. A nie všetky vlastnosti bielkovín sú známe. Cieľom je spoznať neznáme bielkoviny, ktorý by sa použili pri liečení chorôb. Jeden workunit sa správal tak, že vytváral rôzne kombinácie aminokyselín, ako by sa tvorili v ľudskom tele. Na základe istej vlastnosti mohol byť vyhodnotený ako vyhovujúci a vrátil sa ako výsledok naspäť, ktorý sa podrobil ďalšiemu výskumu.

Druhá fáza[15] projektu **Human Proteome Folding** trvala od júna 2006 do júna 2013 a pokračovala v tom, v čom skončila prvá fáza. Cieľom bolo hlbšie preskúmať vrátenú množinu bielkovín vytvorených v prvej fáze. Zamerali sa len na podmnožinu – vnútorne vylučované bielkoviny v ľudskom tele.

Genome Comparison[16] – prebiehal od novembra 2006 do júla 2007. Zameriaval sa na vzájomné porovnávanie známych bielkovín a hľadaním určitých podobností a vlastností medzi nimi. Využívali pri tom Ontológiu génov ako podklad pre anotovanie získaných dát.

Help Cure Muscular Dystrophy[17] – od decembra 2006 do júla 2007. Pri skúmaní ľudského genómu bolo odhalených 200 génov, ktoré spôsobujú svalovú dystrofiu. Je to dedičná choroba, ktorá spôsobuje ochabovanie svalov. Tieto gény inými vytvárajú

12 stav k 16. 3. 2014
13 http://www.worldcommunitygrid.org/
14 http://www.worldcommunitygrid.org/research/proteome/overview.do
15 http://www.worldcommunitygrid.org/research/hpf2/overview.do
16 http://www.worldcommunitygrid.org/research/fcg1/overview.do
17 http://www.worldcommunitygrid.org/research/hcmd/overview.do

aminokyseliny a tie sa zhlukujú do bielkovín. Keď bielkoviny medzi sebou reagujú, ich vlastnosti môžu spôsobiť, že niektoré reakcie prestanú prebiehať alebo sa niektoré aktivujú. Tieto bielkoviny môžu napomôcť k objaveniu, akým spôsobom dochádza vzniku choroby. Projekt sa zaoberal vzájomnými reakciami už známych proteínov z databázy proteínov, ktoré by sa mohli prejaviť neskôr ako svalová dystrofia. Rozšíria databázu o nové informácie ohľadom choroby.

Jediným aktuálne bežiacim projektom na World Community Grid, ktorý súvisí s ľudskou DNA je projekt pod menom **Mapping Cancer Markers**[18]. Začal v novembri 2013. Zaoberajú sa porovnávaním vzoriek rakovinových buniek rôznych typov rakoviny a vzoriek veľkého spektra ľudí, akým spôsobom sa prejavuje choroba a akým spôsobom reagujú zhubné bunky na ponúkanú liečbu. Pretože organizmy dvoch ľudí s rovnakým typom choroby môžu na ponúkanú liečbu reagovať odlišným spôsobom, s ktorým súvisí aj genetická výbava. Hľadanie indikátorov liečby môže napomôcť aj pri skoršom diagnostikovaní choroby. Hľadanie indikátorov prehľadávaním celých vzoriek každý s každým by bolo veľmi časovo náročné. A preto pre hľadaní vzoriek použili heuristiku, že výpočet sa zameriava len na určitú potencionálnu časť, ktorá môže súvisieť s rakovinou.

RNA World

Projekt, ktorý má istú súvislosť s DNA je RNA World[19]. Zatiaľ funguje v beta verzii a zameriava sa na výskum spojený s ribonukleovou kyselinou – RNA. Z popisu projektu vyplýva, že nie všetky časti DNA slúžia na zakódovanie proteínov. Ostatné časti súvisia s RNA. Analýza prebieha softvérom Infernal[20], ktorý prehľadáva sekvecie DNA a hľadá v nich podobnosti, ktoré súvisia s vlastnosťami RNA. Týmto hľadaním dopĺňanú databázu Rfam.

Projekt by mal podporovať operačné systémy Windows a Linux. Výpočtové úlohy sú bez checkpointing-u. Po pripojení k projektu sme nedostali žiadne úlohy[21].

12.1.4. Zhrnutie

Riešenie DNA prostredníctvom platformy BOINC by nemal byť problém pretože už existujú riešenia, ktoré ukázali že to ide.

12.2. Zhodnotenie šprintu

Zanalyzovali sme možnosti riešenia DNA a začali sme nový projekt.

18 http://www.worldcommunitygrid.org/research/mcm1/overview.do
19 http://www.rnaworld.de/rnaworld/index.php
20 http://infernal.janelia.org/
21 stav k 20. 3. 2014

13. Desiaty šprint

V poslednom šprinte sme si dali za cieľ dorobiť špecifikácie aplikácie pre DNA ako aj ju implementovať. Okrem tohto sme si dali za cieľ doriešiť organizačné záležitosti ohľadom tímového projektu.

13.1. Špecifikácia a implementácia aplikácie pre DNA

13.1.1. Zadanie

Vrámci trvania predmetu vznikla požiadavka na vytvorenie distribuovaného systému skúmajúceho určité vlastnosti fragmentov, ktoré produkujú zariadenia určené na segmentáciu DNA v procese čítania genetickej informácie.

13.1.2. Typ úlohy

Implementačná

13.1.3. Špecifikácia

Prístroje ako Illumina alebo Roche 454 produkujú v počiatočnej fáze čítania genetickej informácie veľké množstvo fragmentov zložených z postupností nukleových báz. Z týchto fragmentov sa napokon poskladá výsledná genetická informácia, pričom je možné aby fragmenty obsahovali chyby.

Z výskumného hľadiska by bolo zaujímavé zistiť, koľko krát sa nachádza určitý pod reťazec DNA nukleových báz vo fragmentoch a na základe už známych vzoriek sa pokúsiť štatisticky určiť, koľko krát sa bude tento pod reťazec nachádzať vo výslednej DNA.

13.1.4. Riešenie

Dôležitou úlohou je nájdenie vhodného systému, ktorý bude z vybranej vzorky DNA simulovať vytváranie fragmentov s vhodným chybovým modelom určeným pre prístroje Illumina alebo Roche 454. Po analýze dostupných systémov sme si vybrali GemSim implementovaný v programovacom jazyku python. GemSim pracuje s chybovými modeli

pre oba stroje a umožňuje vytváranie vlastných chybových modelov. Je schopný pracovať s jednoduchými aj spárovanými fragmentami.

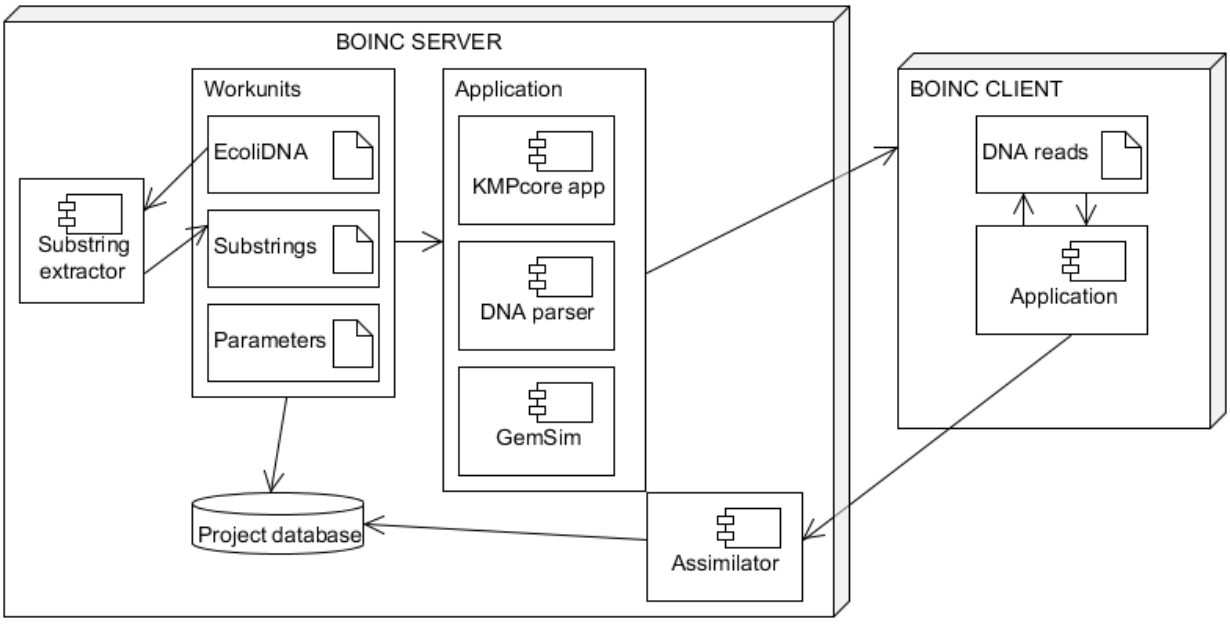
Pre vytvorenie reťazcov, ktoré budeme v fragmentoch hľadať, sme napísali skript v programovacom jazyku python, ktorý vyberie vhodné reťazce zo vzorovej DNA.

Pre tento projekt sme si vybrali DNA baktérie E. Coli.

Dáta, ktoré vygeneroval systém GemSim, neboli v podobe efektívnej na spracovávanie našou aplikáciou. Pomocou skriptu implementovaného v pythone sme vytvorili výstupný súbor fragmentov, ktorý obsahuje sekvenčne na každom riadku jeden fragment.

Aplikácia prehľadáva takto vytvorený súbor pomocou algoritmu KMP.

Na klientskej strane prebieha aj samotné vytváranie a predspracovanie fragmentov, aby sme sa vyhli prenášaniu väčšieho množstva dát po sieti.



Aplikácia pracuje s checkpointingom z BOINC API. Priebežný stav sa ukladá vždy po určenej časovej jednotke a v našom prípade predstavuje pointer na posledný hľadaný pod reťazec.

Po skončení výpočtu odošle aplikácia vytvorený súbor obsahujúci početnosti pre jednotlivé hľadané pod reťazce serveru, kde je spracovaný asimilátorom a uložený do projektovej databázy.

13.2. Zhodnotenie šprintu

Doriešili sme špecifikáciu aplikácie pre DNA, implementovali sme asimilátor pre DNA no nestihli sme implementovať všetky časti potrebné na spustenie projektu DNA.

Doriešili sme organizačné záležitosti ohľadom tímového projektu. Rozvešali sme propagačné nálepky a doniesli sme predlžovačky so zásuvkami na fakultu, ktoré takisto slúžia na propagáciu nášho projektu.

14. Big Picture

Platforma BOINC pre distribuované počítanie skrýva v sebe potenciál aj pre potreby Fakulty informatiky a informačných technológií. Úlohou projektu bolo vytvoriť infraštruktúru pre distribuované počítanie, pomocou ktorej by bolo umožnené výskumníkom riešiť výpočtovo náročné problémy. Na základe skúseností získaných z inštalácie platformy na tímovom serveri sa nám podarilo spustiť BOINC server priamo pod správou fakulty. Tento server využíva aj časť výkonu fakultného clustera.

V súčasnosti je nasadená jedna aplikácia, ktorá rieši symetrickú hru Reversi (Othello) s veľkosťou hracej plochy 8×8. Riešenie perfektnej hry pre túto veľkosť nie je známe a nie je ho možné dosiahnuť na jednom počítači. Svojou povahou je veľmi vhodná na distribuované riešenie.

Na fakulte sa aktuálne rozbieha výskum zaoberajúci sa analýzou rôznych metód spracovania DNA. Preto sme sa rozhodli vytvoriť jednoduchý nástroj, ktorý pracuje s genómom baktérie a reťazcami, aké generujú stroje reálne používané na sekvencovanie DNA. Nasadenie aplikácie očakávame zrejme až po ukončení semestra.

Vychádzali sme z dokumentácie platformy, ktorá je žiaľ strohá a niektoré informácie neboli aktualizované niekoľko rokov. Preto súčasťou projektu bolo aj vytvorenie návodov uverejnených na wiki stránke, na ktorej budú dostupné všetky dôležité informácie, ktoré pomôžu ľudom jednoduchšie vytvárať aplikácie použiteľné na fakultnom gride. Vytvorili sme vzorové aplikácie pre rôzne platformy.

Už od prvého spustenia gridu nám postupne pribúdali noví dobrovoľníci. Ku koncu projektu sme mali 111 registrovaných používateľov, ktorí poskytli výkon 1100 zariadení s priemerným teoretickým výkonom 3,2 GFLOP/s. Rozbehli sme aj kampaň v priestoroch fakulty, aby sme získali čo najviac nových členov z domáceho prostredia.

O využitie systému na riešenie svojich diplomových a výskumných prác už prejavili záujem dvaja študenti, ktorým budeme čo najviac nápomocní.