

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ  
Študijný odbor: Počítačové inžinierstvo  
Študijný program: Počítačové systémy a siete

---

**Peter Fillo, Marek Kočár, Jakub Krištofik,  
Miroslav Kropáček, Martin Kvasnička**  
**Podpora spravovania distribuovaných  
výpočtov**  
**Tímový projekt**

Vedúci projektu: Ing. Dušan Bernát  
November 2006

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
1.1	Cieľ projektu . . . . .	1
1.2	Spôsob realizácie . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Analýza</b>	<b>3</b>
2.1	Programovacie jazyky . . . . .	3
2.1.1	Java Server Pages - JSP . . . . .	3
2.1.2	PHP . . . . .	5
2.1.3	Perl . . . . .	6
2.2	Paralelné prostredie . . . . .	8
2.2.1	Parallel Virtual Machine (PVM) . . . . .	8
2.2.2	The Message Passing Interface (MPI) standard . . . . .	9
2.2.3	Porovnanie PVM a MPI . . . . .	10
2.3	Databázové systémy . . . . .	11
2.3.1	MySQL . . . . .	11
2.3.2	PostgreSQL . . . . .	13
2.4	Rozbor platformovo závislých komponentov . . . . .	14
2.4.1	Implementačné prostredie . . . . .	14
2.4.2	Proces kompilácie a binárna kompatibilita . . . . .	16
2.5	Podobné riešenia . . . . .	17
2.5.1	BOINC . . . . .	17
2.5.2	CONDOR . . . . .	18
2.5.3	Grid MP . . . . .	20
2.5.4	Sun Grid Compute Utility . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Špecifikácia požiadaviek, návrh</b>	<b>23</b>
3.1	Nefunkcionálne požiadavky . . . . .	23
3.2	Používatelia . . . . .	23
3.3	Model prípadov použitia . . . . .	25
3.3.1	Diagram prípadov použitia . . . . .	25
3.3.2	Hráči . . . . .	25
3.3.3	Prípady použitia . . . . .	27
3.4	Logický model údajov . . . . .	27
3.5	Fyzický model údajov . . . . .	28
3.6	Vnútorňý manažér . . . . .	31
3.6.1	Riadenie kompilácie . . . . .	31
3.6.2	Spravovanie uzlov . . . . .	31
3.6.3	Spravovanie výpočtu . . . . .	32
3.6.4	Zbieranie výsledkov . . . . .	32
3.6.5	Zaznamenávanie činnosti a ukladanie záznamov . . . . .	32
3.6.6	Realizácia . . . . .	32
3.7	Diagram rozmiestnenia . . . . .	33

<b>A Použitá notácia</b>	<b>35</b>
A.1 Model prípadov použitia . . . . .	35
A.2 Diagram rozmiestnenia . . . . .	36
<b>Literatúra</b>	<b>39</b>

## Zoznam obrázkov

1	Architektúra JSP . . . . .	4
2	Diagram prípadov použitia . . . . .	26
3	Logický model . . . . .	28
4	Fyzický model . . . . .	29
5	Diagram rozmiestnenia . . . . .	34
6	Hráč . . . . .	35
7	Prípad použitia . . . . .	35
8	Asociácia . . . . .	35
9	Zovšeobecnenie . . . . .	36
10	Závislosť . . . . .	36
11	Uzol . . . . .	36
12	Komponent . . . . .	37
13	Komunikácia . . . . .	37
14	Vzťah . . . . .	37

# 1 Úvod

Počítače sa už neodmysliteľne zaradili medzi stavebné kamene dnešného sveta. S ich príchodom ľudia začali objavovať dovtedy netušené rýchlosti počítania a spracovania dát. Avšak prvé počítače boli pomerne veľké a ťažké. Preto niektorí dnes nad výrokom publikovaným v roku 1949 odborným časopisom Popular Mechanics len neveriacky krútia hlavami:

Počítače budú v budúcnosti vážiť nie viac ako 1.5 tony.

Hmotnosť a hlavne výkonnosť dnešných počítačov je dnes v úplne iných dimenziách. Avšak zároveň s počítačmi úspešne vyriešenými problémami sa začali objavovať nové, ktoré požadovali stále viac prostriedkov. Čoskoro začalo byť jasné, že existujú problémy, ktoré sú ďaleko za hranicami jednotlivých počítačov. Počítače sa tak začali všemožne spájať za účel zvýšenia ich výpočtového výkonu alebo poskytovanej pamäte. A tak sa kruh uzavrel. Znova tu máme superpočítače v obrovských halách a vážiace viac ako 1.5 tony. Ktovie ako sa na tieto monštra budú dívať ďalšie generácie? Problém riadenia distribuovaného výpočtu je teda pomerne starý. Existuje už množstvo riešení, ktoré ho s väčšími alebo menšími úspechmi riešia. Naším zámerom v tomto projekte bude navrhnúť ďalšie z nich. Uvedomujeme si, že tento cieľ nie je jednoduchý, ale aj preto sme si ho vytýčili.

## 1.1 Cieľ projektu

Hlavným cieľom tohto projektu je spraviť aplikáciu na podporu spracovania distribuovaných výpočtov. Je potrebné analyzovať možnosti a potreby systému pre spravovanie používateľských účtov (s rôznymi oprávneniami) a výpočtových úloh na zdieľaných prostriedkoch. Treba navrhnúť systém, ktorý používateľovi umožní vložiť zdrojový kód úlohy, tento skompilovať, spúšťať na zvolených uzloch, sledovať stav systému a ďalšie s tým súvisiace funkcie. Riešenie by malo byť implementované v podobe "webového" rozhrania k uvedeným funkciám.

Výstupom nášho snaženia by teda mala byť webová aplikácia, pomocou ktorej bude možné riadiť a monitorovať distribuovaný výpočet v prostredí niektorého operačného systému.

## 1.2 Spôsob realizácie

Na realizáciu zadaného cieľa, resp. cieľov vymedzených v kapitole 1 je možné použiť viacero metód a prostriedkov, pričom na každú úlohu sa dá pozerieť z viacerých uhlov pohľadu. Pozrime sa na niektoré z nich.

Prvá otázka, ktorá pravdepodobne čitateľa napadne je, aký stupeň paralelizmu vlastne naša aplikácia môže poskytovať. V zásade sú tieto možnosti:

1. Skript, ktorý beží nezávisle od ostatných, berie nejaké vstupné a produkuje nejaké výstupné údaje, pričom na každom počítači budeme dodávať rôzne vstupné údaje.

- Výhody: okamžité spustenie, jednoduchá implementácia.
  - Nevýhody: závislosť na prostredí (nie všade musí existovať interpreter daného skriptu).
2. Skompilovaná aplikácia, ktorá sa chová v podstate ako skript, tzn. berie nejaké vstupy a produkuje nejaké výstupy.
- Výhody: vyššia rýchlosť, väčšia flexibilita oproti skriptom.
  - Nevýhody: závislosť na nainštalovaných knižniciach, platforme a operačnom systéme.
3. Aplikácia v zdrojovej forme, tzn. najprv sa na danom uzle skompiluje a až potom spustí
- Výhody: viď predošlý bod, ale získame navyše ešte možnosť spúšťať aplikáciu na rôznych systémoch a platformách (za podmienky zachovania niektorých pravidiel, napr. normy “ANSI C” a pod.).
  - Nevýhody: závislosť na jednom programovacom jazyku, nainštalovaných knižniciach a operačnom systéme.

Ako už bolo načrtnuté, môžeme uvažovať buď o samostatne bežiacich programoch, ktoré budú počítat časti úlohy, ale o samotné rozdeľovanie týchto častí sa bude starať používateľ. Druhou možnosťou je program chápať ako časť nejakého celku, kde každý takýto program je riadený iným komponentom v rámci systému (nadriadený uzol, susedný uzol, ...)

Pokiaľ ide o samotný programovací jazyk či skript a spôsob jeho implementácie, existuje viacero možností:

- Vlastný skriptovací resp. programovací jazyk s natívnou podporou paralelných výpočtov.
- Existujúci programovací jazyk (napr. C, Java, Python, ...) a vlastná knižnica pre tento jazyk, ktorá by sprostredkovala rozhranie pre paralelné výpočty.
- Existujúca knižnica, ktorá poskytuje rozhranie v niektorom z existujúcich programovacích jazykov.

Nie je ťažké si predstaviť, že obtiažnosť realizácie rastie s implementáciou vlastných riešení. Vzhľadom na obmedzené časové obdobie, ako aj cieľ projektu (poskytnúť funkčný a v praxi nasaditeľný nástroj) sme sa rozhodli pre cestu existujúceho programovacieho jazyka a existujúcej knižnice na paralelné výpočty.

## 2 Analýza

### 2.1 Programovacie jazyky

#### 2.1.1 Java Server Pages - JSP

##### Čo sú JSP

JSP sú nástroj pre vytváranie dynamických HTML (alebo XML, ...) stránok založený na jazyku Java, funkčnosťou veľmi podobný ASP alebo PHP. Ide vlastne o HTML stránky, do ktorých sa pomocou špeciálnych značiek (JSP tags) vloží kód v Jave - ten sa vykonáva pri vybavovaní požiadavky na strane serveru. Táto technológia bola vyvinutá spoločnosťou Sun Microsystems.

Na rozdiel od PHP a ASP (resp. VBskriptu a JSkriptu, ktorý ASP používajú ku skriptovaniu), ktoré nemajú takmer žiadnu typovú kontrolu, JSP majú silnú typovú kontrolu z Javy. Druhou hlavnou odlišnosťou je kompilácia stránok do tzv. servletov, čo sú špeciálne triedy v jazyku Java, ktoré potom komunikujú s Web serverem. JSP by sa teda dali tiež charakterizovať ako nástroj na písanie servletov.

Pretože servlety sú triedy v jazyku Java, môžu využívať ďalšie triedy, ktoré neboli písané pomocou JSP a pochopiteľne tiež - ako v celej Jave - jednoducho používať už skôr napísané triedy. To umožňuje rýchly vývoj aplikácií a čiastočne tiež oddelenie designu od výkonného kódu.

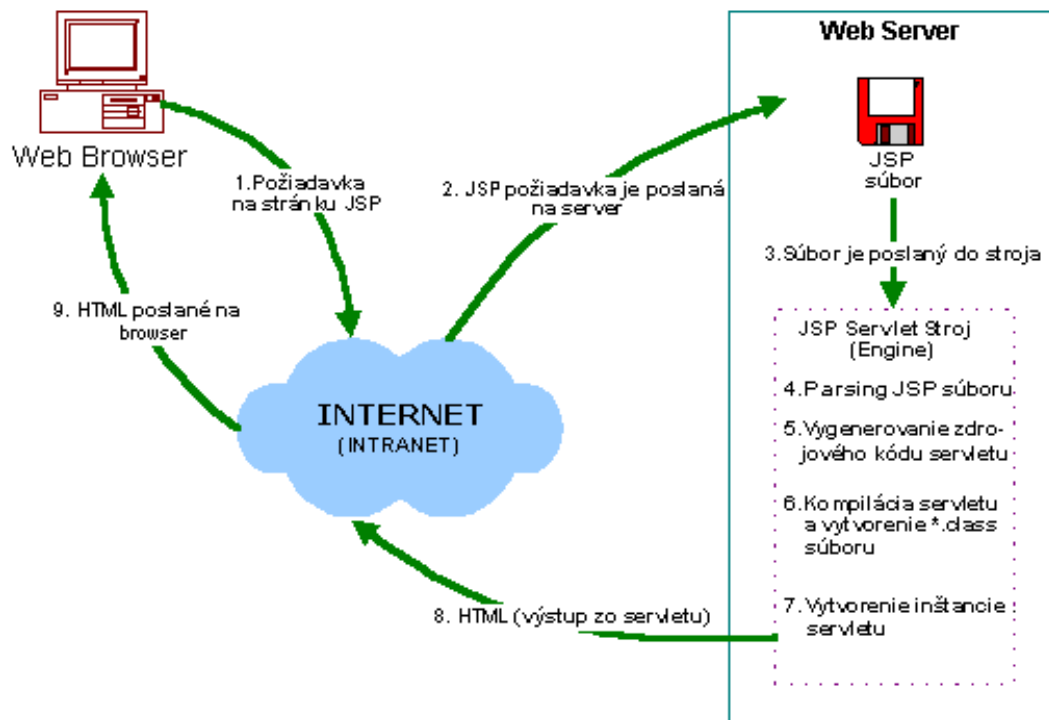
JSP tiež umožňujú používanie "sessions", teda možnosť uchovania dát konkrétneho používateľa medzi viacerými HTTP požiadavkami na Web serveri.

V súčasnosti, veľa webstránok funguje na princípe dynamického splnenia požiadavky klienta. Databáza je veľmi dobrý prostriedok na ukladanie dát používateľov a iných informácií. JDBC poskytuje excelentnú formu konektivity v heterogénnom databázovom prostredí. Použitím JSP a JDBC je veľmi jednoduché vyvíjať databázové web aplikácie. Java je taktiež známa svojim heslom "napíš raz, spusti kdekoľvek". JSP stránky sú platformovo nezávislé a portovateľné na ktorúkoľvek platformu.

##### Princíp činnosti

Zdrojový kód stránky JSP je prekladaný na servlet a následne kompilovaný. Výsledkom je servlet, ktorý generuje HTML. To je poslané klientovi, ako odpoveď na jeho požiadavku. Detailný postup je opísaný pod nasledujúcim obrázkom:

1. Používateľ požiadava o webovú stránku, ktorá bola vytvorená ako JSP. Klient vytvorí požiadavku (request) a smeruje ju cez sieť na server.
2. Požiadavka je nasmerovaná na príslušný web server.
3. Web server zistí, že požadovaný súbor je špeciálny, pretože má koncovku ".jsp". Preto presmeruje JSP súbor do JSP Servlet stroja.
4. V prípade, že tento súbor bol volaný prvýkrát, JSP stroj ho prekontroluje. V opačnom prípade pokračuje bodom 7.



Obr. 1: Architektúra JSP

5. V ďalšom kroku je vygenerovaný špeciálny servlet, vytvorený na základe súboru JSP. Všetko statické HTML je uložené v `out.println()` príkazoch.
6. Zdrojový kód servletu je skompilovaný a je vytvorený ".class" súbor.
7. Je vytvorená inštancia servletu a zavolajú sa metódy `init()` a `service()`.
8. Výstupom zo servletu je HTML, ktoré je poslané cez sieť.
9. Používateľovi sa zobrazia výsledky.

### Výhody oproti PHP

- možnosť používania Java API v JSP
- využívanie, programovanie vlastných tagov
- distribuovanie aplikácie bez nutnosti ukazovania zdrojových textov
- programovanie v JSP umožňuje zvýšenú prenositeľnosť aplikácií a multiplatformovosť
- využívanie JAVA beans - znovupoužiteľných komponentov
- možnosť použitia Enterprise Java beans na zabezpečenie perzistencie objektov, zjednodušuje programovanie medzi aplikačnou a dátovou vrstvou
- technológiu Hibernate pre mapovanie objektov do relačnej databázy

## Softvér na vývoj a testovanie JSP

Na testovanie stránok JSP je treba mať server, ktorý implementuje špecifikáciu Java servlet 2.1 alebo 2.2 a Java Server Pages 1.0 alebo 1.1. V prípade, že už používate niektorý z komerčných aplikačných serverov, napr. BEA WebLogic, IBM WebSphere, je možné, že máte všetko čo potrebujete. Samotné písanie stránok JSP je totiž možné aj v notepade. Väčšina z nás však siahne po svojom obľúbenom editore HTML. Ale je dobré ak máte pre potreby testovania jednoduchý a nenáročný server, ktorý si môžete nainštalovať na svojom počítači. Takýchto serverov je niekoľko:

- Apache Tomcat: Tomcat je referenčná implementácia Servlet 2.3 a JSP 1.2. Je rýchly a nenáročný na výkon, ale treba vyvinúť väčšie úsilie v prípade konfigurácie tohto servera. Je možné ho použiť samostatne (standalone), alebo ho integrovať do servera Apache.
- Macromedia JRun: JRun je možné integrovať do MS IIS, MS Personal Web Server, StarNine WebSTAR a podobne. Obmedzená verzia je zdarma, komerčná poskytuje ďalšie možnosti.
- Gefion Software LiteWebServer (LWS): LWS je malý server, ktorý vychádza z Tomcatu. Podporuje špecifikáciu Servlety 2.3 a JSP 1.2.

### 2.1.2 PHP

PHP<sup>1</sup> je skriptovací jazyk, určený predovšetkým pre programovanie dynamických internetových stránok. PHP je jedným z najpoužívanejších spôsobov tvorby dynamicky generovaných www stránok.

#### História PHP

V roku 1994 si Rasmus Lerdof vytvoril v Perle jednoduchý systém pre evidovanie prístupu k jeho stránkam. Pretože neustále spúšťanie interpretera Perlu veľmi zaťažovalo WWW server, prepísal autor systém do jazyka C. Napriek tomu, že bol celý systém určený pre Rasmusovo použitie, zapáčil sa aj ostatným používateľom servera a začali ho používať. Systém sa stal obľúbeným a používalo ho stále viac používateľov. Tí prichádzali s požiadavkami na vylepšenie celého systému. Autor preto systém rozšíril, doplnil dokumentáciu a uvoľnil ho pod názvom „Personal Home Page Tools“.

Okrem tohto vytvoril aj nástroj, ktorý umožňoval začlenenie SQL požiadaviek do stránok, vytváranie formulárov, a zobrazovanie výsledkov SQL požiadaviek. Prelomová verzia PHP 3.0, v ktorej bol systém zrýchlený a rozšírený o mnoho ďalších funkcií. PHP 3.0 bola prvá verzia aj pod OS Windows. Obsah skratky PHP úplne stratil svoj pôvodný význam a nahradil ho nový hypertextový preprocesor PHP. V máji 2000 bolo vydané PHP 4, ktorého jadro tvoril nový Zend Engine 1.0. V júli 2004 bola vydaná verzia PHP5 s jadrom Zend Engine 2.

#### Vlastnosti jazyka PHP

PHP sa najčastejšie začleňuje priamo do štruktúry jazyka HTML. Tu je príklad:

---

<sup>1</sup>skratka znamená PHP: Hypertext Preprocessor, pôvodne bola: Personal Home Page



```

<html>
  <head>
    <title>Príklad</title>
  </head>
  <body>
    <?php
      echo "Ahoj, ja som PHP skript!";
    ?>
  </body>
</html>

```

Je to veľká výhoda, pretože môžete spraviť iba tú časť html-stránky dynamickú, ktorú naozaj potrebujete. Zvyšok necháte štandardný html kód.

Sú tri hlavné oblasti, kde sa PHP používa.

- Skriptovanie zo strany servera. Toto je najtradičnejšie a hlavné cieľové pole pre PHP.
- Skriptovanie príkazového riadku. PHP skript môžete urobiť tak, aby bežal aj bez servera alebo prehliadača www-stránok.
- Písanie klientských GUI aplikácií. PHP nie je možno najlepším jazykom na tvorbu desktop aplikácií s grafickým používateľským rozhraním, ale existuje aj táto možnosť, pomocou knižnice PHP-GTK.

PHP skripty sú vykonávané na strane servera. K používateľovi je prenášaný až výsledok ich činnosti. Syntax jazyka kombinuje niekoľko programovacích jazykov (Perl, C, Pascal a Java). PHP je nezávislý na platforme, skripty fungujú bez úprav na rôznych operačných systémoch. Obsahuje rozsiahle knižnice funkcií pre spracovanie textu, grafiky, práce so súbormi, prístup k väčšine databázových systémov (MySQL, PostgreSQL, Oracle, ODBC). Podporuje veľa internetových protokolov (http, SMTP, SNMP, FTP, IMAP, POP3, LDAP, ...)

Jazyk je typovo dynamický, to znamená, že dátový typ premennej sa určí v okamihu priradenia hodnoty.

PHP sa stalo veľmi obľúbeným predovšetkým vďaka jednoduchosti použitia a tomu, že kombinuje vlastnosti viacerých programovacích jazykov a necháva tak programátorovi čiastočnú slobodu v syntaxi. V kombinácii s databázovým serverom (predovšetkým s MySQL, alebo PostgreSQL) a webovým serverom Apache je často využívané k tvorbe webových aplikácií.

Vo verzii 5 sa výrazne zlepšil prístup k objektovo orientovanému programovaniu. Prístup je veľmi podobný ako v jazyku Java.

PHP je alternatívou k systémom: Microsoft ASP, VBScript, JScript, Sun Microsystems JSP/Java alebo k CGI/Perl

### 2.1.3 Perl

Perl je programovací jazyk, ktorý navrhol Larry Wall. Prvy krát bol oficiálne vydaný v roku 1987. Perl si „prepožičal“ niektoré funkcie z ostatných programovacích jazykov, ako sú: jazyk C, shell-skript sh, AWK, sed a Lisp.

## História

Larry Wall začal vyvíjať Perl v roku 1987, keď pracoval ako programátor v Unisys. 18. decembra 1987 vydal verziu 1.0. Jazyk sa veľmi rýchlo rozšíril v priebehu pár rokov. V roku 1988 bola vydaná verzia 2, ktorá dokázala lepšie pracovať s regulárnymi výrazmi, a v roku 1989 bola vydaná verzia 3, ktorá mala podporu pre binárne dáta.

Do roku 1991 bola jediná dokumentácia dlhá, stále narastajúca manuálová stránka. V roku 1991 bola vydaná publikácia „Programming Perl“, ktorá sa stala základnou príručkou pre Perl. V rovnakom čase prišla aj verzia 4, ktorá nemala nejaké podstatné zmeny, ale bola to verzia, pre ktorú bola vydaná príručka.

Perl prešiel rôznymi úpravami až do roku 1993, kedy bola vydaná posledná štvorková verzia – Perl 4.036. V tomto momente začal Larry Wall pracovať na verzii 5.

Perl 5 bol vydaný 17. októbra 1994. Bol vytvorený pre rôzne platformy. Bol prepísaný prekladač (interpreter), a bolo pridaných veľa funkcií, ako napríklad objekty, vzťahy (references), balíčky a moduly.

26. októbra 1995 bol vydaný CPAN (Comprehensive Perl Archive Network). CPAN je zbierka webových stránok, ktoré archivujú a distribujú Perlovské zdrojové súbory, binárne súbory, dokumentácie, skripty a moduly.

Perl je dodnes aktívne udržiavaný. Bolo pridaných niekoľko dôležitých funkcií, bola dorobená podpora pre Unicode, vlákna, podpora pre objektovo orientované programovanie a ďalšie funkcie. V súčasnosti v roku 2006 posledná stabilná verzia je 5.8.8.

## Vlastnosti Perl-u

Perl je programovací jazyk, pôvodne navrhnutý pre manipuláciu s textom. Dnes sa používa v širokom rozsahu, na správu systému, na vyvíjanie webových, sieťových a grafických aplikácií.

Perl je orientovaný na jednoduché použitie, efektívnosť a robustnosť. Podporuje rôzne programovacie paradigmy ako sú procedurálne, objektovo orientované a funkcionálne programovanie. Má automatickú správu pamäti, vstavanú podporu práce s textom a veľkú zbierku rôznych externých modulov.

Pomocou perlu je tiež možné vytvárať shell-skripty. Podobné ako Unix-ovské shell-y, aj Perl má veľa vstavaných funkcií ako je napríklad triedenie, alebo prístup k systémovému vybaveniu.

Struktúra Perl-u je odvodená z jazyka C. Perl prebral zoznamy z Lisp-u, asociatívne polia z AWK a regulárne výrazy zo sed-u. Tieto funkcie umožňujú jednoduchú syntaktickú analýzu, narábanie s textom a s dátami.

Vo všetkých verziách Perl-u je automatické definovanie typu premenných a automatická správa pamäti. Prekladač vie typ a požiadavky na pamäť každého dátového objektu v programe a alokuje a uvoľňuje miesto pre nich, tak ako je to potrebné.

## Použitie

Perl začal byť používaný na vytváranie CGI skriptov. Je známy ako jeden z troch (Perl, Python a PHP) najpoužívanejších skriptovacích jazykov pre webovské apli-

kácie. Veľké projekty vytvorené v Perl-e sú: Slash, IMDb, UseModWiki. Z najnavštevovanejších web stránok sú to: amazon.com a ticketmaster.com.

## 2.2 Paralelné prostredie

### 2.2.1 Parallel Virtual Machine (PVM)

Parallel Virtual Machine[1] (ďalej PVM) je softvérový balík, ktorý umožňuje vykonávať paralelné výpočty. Tento systém vytvára jeden virtuálny paralelný počítač zo skupiny heterogénnych, alebo homogénnych počítačov. Ako formu komunikácie používa PVM zasielanie správ. Pod pojmom množina heterogénnych počítačov rozumieme množinu počítačov, ktoré majú rôznu platformu, alebo rôzny operačný systém.

#### História

”Projekt PVM vznikol v lete roku 1989 v *Oak Ridge National Laboratory*. Prototyp systému, PVM 1.0, vytvoril *Vaidy Sunderam* a *Al Geist* pre interné potreby inštitútu. Táto verzia nebola verejnosti k dispozícii. Verziu PVM 2 vytvorila a zverejnila Univerzita Tennessee v marci roku 1991. Odvtedy sa začal systém PVM používať v mnohých vedeckých výskumoch. Vďaka spätnej väzbe od používateľov a po celej rade zmien PVM 2.1 – 2.4, bol celý systém kompletne prerobený. Vo februári roku 1993 bola zverejnená verzia 3” [2]. V súčasnosti je projekt k dispozícii vo verzii 3.4.5.

#### Charakteristika systému

PVM je systém, ktorý vytvára jeden virtuálny paralelný počítač nad množinou viacerých počítačov. Týmto spôsobom získa systém väčší výpočtový výkon a z neho vyplývajúcu vyššiu rýchlosť. PVM využíva na komunikáciu medzi uzlami (počítačmi) zasielanie správ. Zasielanie správ je typická forma komunikácie v multipočítačových systémoch. V multiprocesorových systémoch je typická forma komunikácie komunikácia prostredníctvom zdieľanej pamäte.

Pojem heterogénnosti sa nespája iba s architektúrou a operačným systémom ale aj s pojmi ako:

- formát údajov,
- rýchlosť výpočtu,
- vyťaženie uzla,
- vyťaženie siete.

So všetkými týmito formami heterogénnosti uzlov, sa systém vyrovnáva pomocou zasielania správ. PVM dokonca eviduje vyťaženie uzlov a na jeho základe spúšťa, resp. nespúšťa na daných uzloch úlohy.

Na vytvorenie virtuálneho počítača je potrebné zkonfigurovať PVM na všetkých počítačoch, ktoré ho majú tvoriť. Na každom z nich musí existovať proces - démon. V prípade aktuálnej verzie má démon názov `pvm3`. Komunikácia démonov si vyžaduje prepojenie počítačov sieťou. Na komunikáciu sa v súčasnosti používa zväčša protokol SSH. Pomocou konzoly a programu `pvm` možno meniť konfiguráciu systému PVM. Jednou zo základných funkcií je pridávanie a odoberanie uzlov. Distribuovaný výpočet sa realizuje pomocou procesov. Démoni zabezpečujú vytváranie a ukončovanie procesov, komunikáciu medzi nimi, atď.

PVM poskytuje programátorom funkcie, pomocou ktorých môžu riadiť a realizovať samotný distribuovaný výpočet. Tieto funkcie sú implementované v knižnici. Pri kompilácii stačí túto knižnicu prilinkovať. Mechanizmus zasielania správ obsahuje možnosť zabalovania údajov. Ak chce programátor zaslať niekoľko rôznych údajov, jednoducho ich uloží do zásobníka<sup>2</sup>. Vrstvenie údajov do zásobníka počíta okrem premenných známych údajových typov aj s možnosťou vkladania vlastných štruktúr a polí rôznych údajových typov. Systém PVM podporuje programovacie jazyky C, a Fortran. Okrem týchto programovacích jazykov existuje aj implementácia v programovacom jazyku Perl. Konkrétne ide o modul CPAN - `Parallel-Pvm` [3]. Modul prepisuje použitie knižničných funkcií z jazyka C do jazyka Perl. Okrem bežných funkcií, obsahuje modul funkcie na pridávanie a odoberanie uzlov, spúšťanie démona `pvm3`, sprístupňuje informácie o konfigurácii systému, atď. Systém PVM má aj grafické rozhranie známe pod označením `xpvm`.

`xpvm` je program, ktorý umožňuje diagnostikovať komunikáciu medzi uzlami, odhaľovať chyby, meniť konfiguráciu systému, spúšťať distribuované výpočty, atď.

Systém PVM je vhodný na použitie v projekte spravovania distribuovaných výpočtov, pretože:

- slúži na realizáciu paralelných výpočtov,
- vytvára jeden virtuálny paralelný počítač,
- má podporu heterogénnych uzlov,
- podporuje programovacie jazyky C, Fortran,
- je zadarmo.

### 2.2.2 The Message Passing Interface (MPI) standard

The Message Passing Interface standard[4] (ďalej MPI) slúži na štandardizáciu programov, ktoré využívajú zasielanie správ. Cieľom projektu je vytvoriť praktický, prenositeľný, efektívny a flexibilný štandardný prístup na zasielanie správ. Na vývoji štandardu participuje príspevkami a komentármi okolo štyridsať spoločností.

#### História

Vývoj MPI možno datovať od roku 1992. V roku 1994 vznikla prvá verzia MPI 1.0, o rok neskôr verzia 1.1. Rozdiel v týchto verziách bol podľa zdroja [5] nepatrný.

---

<sup>2</sup>V tomto prípade ide o frontu správ, nakoľko sa pri vyberaní údajov dodržiava poradie v akom boli údaje do frontu vložené

Väčšou zmenou bol štandard MPI-2. Ten už nezahŕňal iba opravy predošlých verzií, ale zaoberal sa aj novými oblasťami.

Impulzom pre vznik štandardu bolo, že každý výrobca **Massively Parallel Processor** (MPP) vyvíjal vlastné rozhranie na zasielanie správ. Potreba štandardizovať zasielanie správ, medziprocessorovú komunikáciu, teda vzišla z neprenositeľnosti implementovaných aplikácií. Tvorcovia MPI mali možnosť vybrať niektorú implementáciu a prehlásiť ju za štandard. Rozhodli sa však vytvoriť nový štandard na základe kombinácii najlepších existujúcich implementácií. A tento nový štandard implementovať v podobe knižnice.

### Charakteristika systému

Rovnako ako PVM využíva MPI na komunikáciu medzi počítačmi zasielanie správ a poskytuje programátorom funkcie, ktoré sú implementované v knižnici. MPI podporuje programovacie jazyky C, C++ a Fortran.

Štandard MPI-2 obsahuje okrem opráv chýb nižších verzií aj nasledujúce nové oblasti:

- komunikácia bod-bod,
- virtuálna topológia siete,
- vytváranie a manažment procesov,
- jednostranná komunikácia,
- pokročilé skupinové operácie,
- vstupno/výstupné zariadenia a porty,
- ďalšie jazykové väzby,
- atď.

Oblasti, ktoré implementuje MPI-2 sú približne rovnaké ako oblasti PVM. Návrh, aj implementácia, sú však rozdielne. Pokiaľ ide o implementáciu MPI-2, treba upresniť zopár faktov. Implementácia tohoto štandardu nebola realizovaná pod označením MPI-2. Najznámejšie implementácie sú MPICH, a ANL/MSU MPI. Oficiálna implementácia pod označením MPI-2 neexistuje.

### 2.2.3 Porovnanie PVM a MPI

Porovnaní PVM a MPI už bolo napísaných niekoľko. MPI prišlo s verziou 1.0 v čase, keď už systém PVM mal niekoľko tisíc používateľov. Za vývojom MPI stojí vyše 40 spoločností, medzi ktoré nepatria iba firmy, ale aj univerzity a vývojové pracovišká. Medzi zvučné mená, ktoré vývoj MPI podporujú, sú napríklad IBM, Intel, HP, Silicon Graphics. S príchodom MPI-2 sa rozdiely v implementácii medzi PVM a MPI prehĺbili. Napriek veľkej podpore a snahe štandardizovať zasielanie správ má PVM stále svoje miesto na trhu. Na vývoji zasielania správ sa naďalej pracuje. Pravidelne sa organizujú konferencie za účasti oboch strán táborov. Konferencie nesú

názov pvMpi.

30. mája 1996 vyšlo porovnanie autorov *G.A Geist, J. A. Kohl, P. M. Papadopoulos* s názvom *PVM and MPI : a Comparison of Features* - PVM a MPI: Porovnanie funkcií [6]. Autori sa pri porovnaní zameriavajú na situácie, kedy je vhodnejšie použiť PVM a kedy MPI. Tomuto porovnaniu sa nemá význam bližšie venovať, pretože porovnáva staršie verzie projektov.

Na stránkach projektu MPI sú uverejnené porovnania [7, 8] medzi týmto štandardom a PVM. Už podľa názvov<sup>3</sup> je zrejmé, že autori v projektoch našli veľké rozdiely. Jeden z rozdielov je, že MPI obsahuje možnosť vytvárať virtuálnu topológiu siete. Ďalším, väčším, rozdielom je prístup k lokálnym prostriedkom počítačov.

”PVM a MPI sa často porovnávajú. Tieto porovnania často začínajú nevysloveným predpokladom, že PVM a MPI predstavujú rôzne riešenia toho istého problému. V skutočnosti tieto dva systémy často riešia rôzne problémy” [7].

Autori tiež tvrdia, že v situáciách, kedy je typ problému rovnaký, sa výsledky použitia týchto systémov rôznia. Je to prirodzene spôsobené rôznymi cieľmi, a rôznou implementáciou projektov. Porovnávanie funkcií rad za radom môže byť podľa autorov zavádzajúce, pretože oba systémy používajú rovnaké výrazy pre úplne rozdielne koncepty implementácie.

Zaoberať sa konkrétnymi rozdielmi medzi týmito projektami nemá zmysel. Dôležité je, na aký účel paralelné spracovanie potrebujeme a aké prostriedky máme k dispozícii. Z pohľadu vytvárania rozhrania pre spravovanie distribuovaných výpočtov sú rozdiely v implementácii nepodstatné.

Oba systémy sú vhodné na vytvorenie prostredia na distribuované výpočty. Z hľadiska vytvorenia rozhrania na spravovanie distribuovaných výpočtov sú tieto systémy použiteľné a rovnocenné. Jedným z kritérií pre použitie týchto systémov je ich komunikácia s rozhraním spravovania. Keďže komunikácia medzi procesom systému a webovým rozhraním nie je problematická, oba systémy spĺňajú toto kritérium.

## 2.3 Databázové systémy

### 2.3.1 MySQL

MySQL je viacvláknový, viacpoužívateľský SQL Databázový systém. MySQL Server je dostupný ako voľne šíriteľný softvér pod GNU GPL licenciou. Existuje tiež platená verzia MySQL Enterprise, ktorá je pre firmy. a dvojité licencie (dual-license), pre prípady použitia, ktoré nie sú v zhode s GPL.

MySQL vlastní a sponzoruje Švédka firma MySQL AB, ktorá vlastní práva na väčšinu zdrojových kódov. Spoločnosť vyvíja a poskytuje aktualizácie pre systém, predáva podporu a servis, tak ako platené verzie MySQL.

Existujú programy pre používateľov, ktoré sú napísané v rôznych programo-

---

<sup>3</sup>Why are PVM and MPI So Different - Prečo sú PVM a MPI tak rozdielne, PVM and MPI are completely different - PVM a MPI sú úplne rozdielne

vacích jazykoch na prístup do MySQL databázy. Sú to napríklad C, C++, C#, Borland Delphi, Smalltalk, Java, PHP, Perl a mnoho ďalších.

MySQL je veľmi populárny pre webové aplikácie, ako napríklad MediaWiki, alebo Drupal, a patrí do skupín LAMP, MAMP a WAMP (Linux/Mac/Windows-Apache-MySQL-PHP/Prel/Python). Jeho popularita s webovými aplikáciami je spojená s popularitou PHP, ktoré je často spájané s MySQL

Spravovanie MySQL databázy je možné buď z príkazového riadku, použitím grafických aplikácii, alebo web aplikácii. Známa voľne dostupná web aplikácia je phpmyadmin.

MySQL dokáže pracovať na rôznych platformách sú to napríklad: Linux, MacOS X, BSD, Windows, a mnoho ďalších.

Zdrojové kódy MySQL sú napísané v jazyku C. Syntakticky analyzátor pre jazyk SQL používa yacc<sup>4</sup> a lexer<sup>5</sup>

Skoršie verzie MySQL mali len niektoré črty zo štandardných relačných databázových systémov (ďalej RDB) a súčasným verziám stále chýba veľa vlastností iných RDB. Toto kritizuje veľa databázových expertov, a spochybňujú, že MySQL patrí do rodiny RDB. Veľa vecí pre ktoré bolo MySQL v minulosti kritizované boli pridané v novších verziách.

## Funkcie MySQL a obmedzenia

MySQL podporuje indexovanie pomocou binárneho stromu, vnorené príkazy podporuje iba pri príkazoch INSERT a REPLACE. MySQL nevykoná príkaz:

```
SELECT * FROM tabulka1 WHERE id IN (SELECT id FROM tabulka2)
```

Je možné vykonať príkaz pomocou LEFT JOIN, alebo celý príkaz preprogramovať ručne, ale je to komplikovanejšie.

Pre bezpečnosť má v sebe MySQL vytvorený systém používateľov a práv. Prístup do databázy je chránený heslom, pričom každý používateľ môže mať definovanú množinu operácii, na ktoré má oprávnenie ich vykonávať. To znamená, že niekto môže iba čítať, iný zapisovať či meniť štruktúru tabuliek. Pre zvýšenie ochrany sa hesla prenášajú iba v zašifrovanej podobe.

Limity veľkosti tabuliek boli do verzie 3.22 nastavené na 4GB. Od verzie 3.23 sa limit posunul na 2<sup>63</sup> bajtov, čo predstavuje 8 miliónov terabajtov. V praxi to znamená, že MySQL je do objemu dát obmedzované iba operačným systémom.

Nevýhodou MySQL je takmer nulová kontrola zložitejších reintegračných obmedzení. Väzby medzi tabuľkami si musíte pamätať sami a kontrolovať, aby ste vzťahy neporušili. Pri definovaní novej tabuľky MySQL číta konštrukciu FOREIGN KEY, ale nezohľadňuje ju pri práci s tabuľkami.

Najväčšou zbraňou MySQL je rýchlosť. Oproti PostgreSQL je niekoľko krát rýchlejší. Autori sami hovoria, že práve rýchlosť je ich hlavnou prioritou a že kvôli nej sa ani nechystajú implementovať niektoré funkcie.

<sup>4</sup>Yacc je program, ktorý sa pokladá za štandardný syntaktický analyzátor na unixových systémoch.

<sup>5</sup>Lexer je program, ktorý robí lexikálnu analýzu.

### 2.3.2 PostgreSQL

PostgreSQL je výkonný „open source“ relačný databázový systém. Je vyvíjaný viac ako 15 rokov a má overenú architektúru, ktorá získala silnú reputáciu v spoľahlivosti, v integrite dát a v správnom fungovaní. Je to asi najprepracovanejší „open-source“ databázový systém. Je možné spúšťať PostgreSQL na väčšine operačných systémoch ako Linux, UNIX, Mac OS X a Windows. Je plne zhodný s ACID<sup>6</sup> a podporuje „foreign keys, joins, views, triggers, and stored procedures“. Podporuje tiež väčšinu SQL 92 a SQL99 dátových typov. Má programové prostredie pre C/C++, Java, .Net, Perl, Python, ODBC a iné a dobrú dokumentáciu.

Za 15 rokov dostalo PostgreSQL niekoľko ocenení, ako napríklad „Linux New Media Award“, „The Linux Journal Editors' Choice Award“ za najlepší databázový systém.

#### Funkcie a obmedzenia

PostgreSQL má rôzne zaujímavé funkcie, ktoré sú opísané v [14]. Veľkosť databázy je neobmedzená, maximálna veľkosť tabuľky je 32TB, maximálna veľkosť riadka 1,6TB, maximálna veľkosť poľa je 1 GB. Maximálny počet riadkov v tabuľke je neobmedzený, maximálny počet stĺpcov v tabuľke je od 250 do 1600 v závislosti od typu stĺpca. Počet indexov je tiež neobmedzený.

PostgreSQL má plnú podporu vnorených príkazov. Integrácia dát zahŕňa primárne kľúče, cudzie kľúče, s aktualizáciou/mazaním, obmedzenia na kontrolu, unikátnosť, ne-nulovú hodnotu. Vývoj je už tak ďaleko, že zamykanie tabuliek nahradili systémom pre viac verzií dát. V praxi to znamená, že zatiaľ čo jedno vlákno niektoré záznamy prepisuje, iné môže bez prerušenia z rovnakej tabuľky čítať konzistentné dáta.

Bezpečnostná politika PostgreSQL je na vyššej úrovni ako má MySQL. Okrem klasického prístupu chráneného heslom, umožňuje PostgreSQL použitie autentifikácie pomocou Kerberosu, alebo takzvaného "Identifikačného protokolu"

Niektoré funkcie PostgreSQL aj prevzal, je to napríklad auto-inkrementácia, LIMIT/OFFSET, čo umožňuje vracať výpisy po častiach. Podporuje aj zmiešane, unikátne, čiastočné a funkcionálne indexovanie, pri ktorom môžete použiť niektoré z B-stromu, R-stromu, hash, GiST<sup>7</sup> metódy.

Ďalšou výhodou je dedenie tabuliek, pravidlá systému a udalosti databázy. Dedenie tabuliek dáva objektovo orientovanú časť do vytvárania tabuliek, umožňuje navrhovateľom databáz odvodzovať nové tabuľky zo starých. PostgreSQL podporuje aj viacnásobné dedenie. Je možné vytvoriť si aj vlastné dátové typy.

Existuje aj takzvaný dotazovo prepisovací systém, ktorý umožňuje vytvoriť pravidlá, ktoré vykonajú určitú operáciu, napríklad vypíšu konkrétnu tabuľku.

Systém udalostí je systém na medziprocesovú komunikáciu, v ktorom môžu byť posielané správy a udalosti medzi klientami, ktorí používajú príkazy „LISTEN“ a „NOTIFY“. Tento systém umožňuje jednoduchú komunikáciu rovný s rovným, ale aj zložitú koordináciu na udalosti databázy. Používatelia PostgreSQL takto môžu monitorovať udalosti databázy ako sú vkladanie, mazanie, upravovanie tabuliek.

---

<sup>6</sup> Atomicity, Consistency, Isolation, and Durability

<sup>7</sup> GiST (Generalized Search Tree) – je pokročilý systém, ktorý dáva dokopy rôzne sortovacie a vyhľadávacie algoritmy. Sú to B-strom, B+-strom, R-strom, čiastočné spočítavacie stromy, usporiadané B+-stromy a mnoho ďalších.



Podpora v PostgreSQL existuje aj pre národné lokalizácie. Systém dokáže čítať rôzne kódovania. Pokiaľ server a klient používajú rôzne kódovania, PostgreSQL dokáže automaticky toto kódovanie prevádzať.

Zdrojový kód je dostupný pod viac liberálnou open-source licenciou – BSD licencia. Licencia dáva slobodu na používanie, menenie a distribuovanie PostgreSQL v ľubovoľnej forme akú chcete, aj zatvorený zdrojový kód. Hocijaké zmeny spravíte, tak je to vaše a môžete si s tým robiť čo chcete.

## 2.4 Rozbor platformovo závislých komponentov

Táto kapitola si dáva za cieľ poskytnúť čitateľovi základný prehľad o možnostiach a problémoch súvisiacich s behom a používaním nášho systému na rôznych platformách.

### 2.4.1 Implementačné prostredie

Zadanie nešpecifikuje, resp. neodporúča žiadny konkrétny operačný systém či platformu, na ktorej by mala naša aplikácia bežať. Naskýta sa teda otázka, z čoho sa dá vyberať a aké výhody a nevýhody z daného výberu plynú.

Najprv si však zdefinujme, čo vlastne od daného systému požadujeme na beh našej aplikácie:

- databázu (zoznam používateľov, oprávnení, hesiel, ...)
- web server (zobrazovanie ponuky, interakcia s používateľom, spúšťanie skriptov)
- kompiláciu bez asistencie používateľa (cez príkazový riadok resp. skript)
- nástroj na jednoduché pridelovanie procesorového času (pre distribuované výpočty)

### Existujúci stav

Výstup tohto projektu by mala byť aplikácia na spracovanie distribuovaných výpočtov. Jej hlavné nasadenie sa očakáva predovšetkým na pôde FIIT STU v prostredí s centrálnym serverom a podriadenými uzlami so zdieľaným súborovým systémom. Konkrétne ide o:

- centrálny server s operačným systémom FreeBSD
- uzly s operačným systémom GNU/Linux
- zdieľanie domovských adresárov cez “Network File System”
- 10 Mbps sieť

Výber implementačného prostredia teda do značnej miery závisí aj na už existujúcom technickom vybavení.

## Microsoft Windows

Na domácich počítačoch momentálne najrozšírenejší systém. Firma Microsoft poskytuje komplexné riešenia ako v desktopovej (Windows 9x, Windows XP), tak aj serverovej oblasti (Windows NT, Windows 2000, Windows 2003 Server; web server Microsoft Internet Information Server, databázový server Microsoft SQL Server). Taktiež je k dispozícii mohutný vývojársky balík (Microsoft Visual Studio 2003/2005).

Ide teda o možnosť nainštalovať si kompletne riešenie od jednej firmy, kde je istý predpoklad na vzájomnú kompatibilitu a jednoduchosť konfigurácie.

Proti použitiu tohto riešenia však hovorí viacero faktorov:

- cena (aj keď školy a študenti dostávajú výrazné zľavy, stále ide o platené produkty)
- uzavretosť (nie je možné si jednoducho systém rozširovať či meniť)
- nekompatibilita (web server či databáza pracuje len pod OS Windows a samotná komunikácia s inými systémami tiež nie je bezproblémová)
- nároky na hardvér (systém by mal byť schopný fungovať aj na priemernej konfigurácii)
- nároky na administráciu (systém je často náchylný na chyby či vírusy)
- veľmi limitované možnosti skriptovania a automatizácie kompilovania bez ďalších nástrojov (nezriedka opäť platených a/alebo uzavretých)

Z uvedeného výpisu vyplýva, že toto riešenie je pre naše nasadenie nevyhovujúce, hlavne keď si uvedomíme podmienky, do akých má byť naša aplikácia nasadená – počítače v učebni (učebniach), na ktorých doteraz bežal dobre nakonfigurovaný OS Linux, v ktorom sa aj napriek postaršiemu technickému vybaveniu dalo bezproblémovo pracovať. Ďalšia stránka vecí sú aj financie, je potrebné zakúpiť licenciu na web server, SQL server, vývojové prostredie, na každý počítač by bolo treba kúpiť samotný operačný systém atď.

## GNU/Linux

Slobodný operačný systém vyvíjaný od roku 1991 dobrovoľníkmi ako aj firmami po celom svete. Zväčša nasadzovaný v serverovej oblasti pre jeho stabilitu, výkon a univerzálnosť (može fungovať od mikrovlnky až po serverové polia o niekoľko tisíc počítačoch).

Samotný systém tvorí len jadro (kernel), ku ktorému sa pridávajú ďalšie aplikácie, spravidla založené na podobnej filozofii ako samotný kernel (univerzálnosť a slobodné podmienky na šírenie/modifikovanie).

Vzhľadom na spomínané príjemné vlastnosti veľmi rýchlo vznikla iniciatíva ponúkať spolu s kernelom už aj hotové riešenia na správu databáz či prevádzku web servera. Najčastejšie sa môžeme stretnúť s riešením *LAMP* - systém založený na Linuxe, web serveri Apache, databáza MySQL a skriptovacím jazyku PHP či Perl (viď inú kapitolu tohto dokumentu pre bližší popis). Samozrejme, Apache či MySQL sa dá prevádzkovať aj pod OS Windows, ale tu už nemusí byť inštalácia ako

aj samotná prevádzka až taká bezproblémová. Ako sa môžeme dočítať na inom mieste tohto dokumentu, MySQL nie je jediné možné databázové riešenie – existuje minimálne ešte jedno, PostgreSQL, ktoré sa vlastnosťami dokáže MySQL plne vyrovnáť resp. ho aj vo všeličom prekonať. Samozrejmosťou je bezproblémový beh na GNU/Linux.

## FreeBSD

V podstate by sa o tomto systéme dalo povedať to isté, čo o GNU/Linux (podobná licencia na šírenie/modifikovanie, univerzálnosť, stabilita, aplikácie). Je tu spomenutý hlavne preto, lebo hlavný server na distribuované výpočty beží práve na tomto operačnom systéme.

## Výber vhodného prostredia

Ako bolo spomenuté, OS Windows je pre naše účely a možnosti značne nevyhovujúci. Za zváženie stoja teda dve možnosti: GNU/Linux a FreeBSD.

Za Linux by hovorila skúsenosť členov tímu s týmto systémom ako aj množstvo distribúcií, špecializujúcich sa na riešenia typu *LAMP*.

Za FreeBSD by hovoril už spomínaný fakt, že na hlavnom serveri už FreeBSD bezproblémovo beží a nie je dôvod to meniť.

### 2.4.2 Proces kompilácie a binárna kompatibilita

Druhým aspektom, ktorý treba pri analýze zobrať do úvahy, je heterogénnosť systémov, ktoré sa pri distribuovanom výpočte môžu vyskytnúť. Zadanie síce explicitne nevyžaduje podporu nehomogénneho prostredia, ale po diskusii v tíme, ako aj s našim vedúcim sme dospeli k záveru, že takáto podpora by bola veľmi užitočná vec.

O akých systémoch hovoríme? OS Windows sme (aj) pre jeho uzavretosť a nekompatibilitu vylúčili, ale stále je tu veľa unix-like systémov, ktoré majú veľa spoločných vlastností, ale samozrejme každý z nich aj nejaké tie rozdiely od tých ostatných. Reč je o GNU/Linux, Open/Net/FreeBSD, Solaris, QNX, ...

Tieto systémy majú spoločné základy v Unixe, takže do istej miery sú medzi sebou (zdrojovo, nie strojovo) kompatibilné. To znamená, že ak nepoužívame špecifické vlastnosti toho-ktorého systému, tak by teoreticky nemal byť problém jeden a ten istý zdrojový kód preložiť a spustiť na každom z týchto systémov. Problémy sa môžu vyskytnúť, ak napríklad na danom systéme neexistuje nami zadaný kompilátor, ale iba nejaký jeho ekvivalent (môže používať iné prepínače či parametre ako argumenty pri spúšťaní), ak sa niektoré deklarácie (v prípade jazyka C napríklad) nachádzajú na iných miestach (v iných hlavičkových súboroch, v iných adresároch a pod) alebo daný systém nepodporuje nejakú vlastnosť, ktorú požadujeme (vlákna, zdieľané knižnice, ...). Istým riešením sú nástroje autotools, automake a autoconf ktoré umožňujú tvorbu skriptov na zisťovanie tých „správnych“ ciest a súborov.

Druhá vec je samotný hardvér, na ktorom daný systém beží – v dnešnej dobe sú vo veľkej prevahe počítače s procesorom x86 kompatibilným, ale nie je problém sa stretnúť (hlavne v akademickom prostredí) aj s inými procesormi – napr. Alpha či procesory od Sun Microsystems. Najväčší problém (okrem rozdielnej inštrukčnej sady) predstavuje rozdielne kódovanie bajtov v pamäti – tzv. “big endian” a “little endian” kódovanie, ktoré sú navzájom nekompatibilné. Z toho dôvodu, ak by naša

aplikácia umožňovala pracovať aj s binárnymi vstupmi/výstupmi, treba myslieť aj na tento fakt. Tu treba spomenúť veľmi príjemnú vlastnosť aplikácie *PVM*, ktorá tieto problémy rieši za nás (teda na úrovni komunikácie a predávaní dát, o zvyšok sa samozrejme musí postarať buď používateľ alebo naša aplikácia).

## 2.5 Podobné riešenia

Existuje mnoho riešení pre podporu distribuovaných výpočtov. Navzájom sa odlišujú oblasťami a možnosťami svojho uplatnenia. Pomocou systémov na distribuované výpočty môžeme lámať šifry, predpovedať klimatologické zmeny alebo hľadať prvočísla, pričom existuje ešte mnoho iných oblastí uplatnenia.

### 2.5.1 BOINC

Azda najznámejší systém pre distribuované výpočty je BOINC<sup>8</sup> - Berkeley Open Infrastructure for Network Computing, ktorý sa do povedomia verejnosti dostal hlavne vďaka projektu *Seti@home*<sup>9</sup>.

Systém BOINC vznikol v roku 2003 na University of California, Berkeley pod vedením Davida Andersona, ako softvérová platforma pre distribuované výpočty s použitím dobrovoľníckych výpočtových prostriedkov. Samotný projekt pod systémom BOINC pozostáva zo servera, ktorý prijíma a rozdeľuje dáta na spracovanie a klienta (čo môžu byť rôzne aplikácie). Klient prijíma dáta na spracovanie, poprípade odosiela spracované dáta na server. Server pracuje na Linuxovej platforme a používa Apache, PHP, a MySQL. BOINC poskytuje vlastnosti ktoré zjednodušujú vytvorenie a prevádzku projektov na distribuované výpočty[17]:

- Pružný aplikačný "framework" - aplikácie v bežných jazykoch ako C, C++, alebo Fortran môžu bežať v rámci systému BOINC s minimálnymi modifikáciami. Aplikácie môžu obsahovať viacero súborov. Nové verzie aplikácii sa môžu inštalovať automaticky.
- Bezpečnosť - BOINC je chránený proti niektorým typom útokov, napr. používa digitálne podpisy na autentifikáciu údajov.
- Použitie viacerých serverov - projekty môžu mať oddelené plánovacie a dátové servery, pričom z každého typu ich môže byť niekoľko.
- Otvorený zdrojový kód - BOINC je šírený pod licenciou Lesser GNU, ale samotné aplikácie nemusia byť *open source*.
- Podpora veľkých údajov - BOINC umožňuje prácu aplikáciám, ktoré vytvárajú alebo spotrebúvajú veľké množstvo údajov, poprípade potrebujú veľa operačnej pamäte. Rozdeľovanie a zber dát môže byť rozdelený na niekoľko serverov.

---

<sup>8</sup><http://boinc.berkeley.edu>

<sup>9</sup><http://setiathome.berkeley.edu/>

BOINC podporuje na strane klienta niekoľko platforiem (Mac OS X, Windows, GNU/Linux, Unix). Používatelia môžu pre svoje účty používať webové rozhranie. Klient má rôzne možnosti nastavenia, napr. frekvencia odovzdávania výsledkov, atď.

BOINC poskytuje dva možné spôsoby použitia ako realizovať výpočty. Prvý, asi najznámejší, sú dobrovoľnícke výpočty (*volunteer computing*)[15]. Pri tomto spôsobe existuje dohoda medzi dobrovoľníkmi, ktorý poskytujú svoje výpočtové prostriedky pre projekt, ktorý ich používa pre distribuované výpočty. Dobrovoľníci sú zvyčajne jednotlivci, ktorý majú počítač s Internetovým pripojením. Organizácie ako školy alebo firmy tiež často poskytujú svoje prostriedky. Projekty sú zvyčajne akademické (z univerzitného prostredia) a venujú sa vedeckým výpočtom. Dobrovoľníci sú anonymní (aj keď sú potrebné niektoré registračné údaje ako napr. email). Pre svoju anonymitu nie sú dobrovoľníci zodpovední za projekt, teda ak sa niektorý dobrovoľník “nespráva slušne”, tak ho v rámci projektu nemožno potrestať. Dobrovoľníci musia dôverovať projektu v niektorých oblastiach:

- Dobrovoľníci dôverujú projektu, že aplikácie, ktoré poskytuje, nepoškodia ich počítač, resp. nenarušia ich súkromie.
- Dobrovoľníci dôverujú projektu, že ich pravdivo informuje o tom, čo jeho aplikácie spracovávajú a ako sa naloží s ich výsledkami.
- Dobrovoľníci dôverujú projektu, že vykonal všetky potrebné bezpečnostné opatrenia, aby prípadný útočník nezneužil projekt na svoje záškodnícke aktivity.

Hoci bol BOINC pôvodne vyvíjaný pre dobrovoľnícke výpočty, môže byť využívaný aj ako *desktop grid computing*[16]. Je to forma distribuovaných výpočtov, kde organizácia používa svoje existujúce osobné počítače na výpočet náročných úloh. Existuje niekoľko odlišností od výpočtov vytváraných na dobrovoľníckej báze.

- Výpočtovým prostriedkom možno dôverovať, teda sa nepredpokladá, že by výsledky boli nesprávne, či už zámerne alebo hardverovou chybou. Preto nie je dôležitá redutantnosť výpočtov.
- Nie je potreba “šetričov obrazoviek”, pretože je možné aby výpočty bežali úplne neviditeľne a mimo kontrolu používateľa osobného počítača.
- Inštalácia klientov je zvyčajne automatická.

### 2.5.2 CONDOR

System CONDOR<sup>10</sup> umožňuje spravovať vyhradené výpočtové prostriedky, a tiež umožňuje využiť výpočtový výkon práve nevyužívaných pracovných staníc (cycle scavenging). CONDOR vznikol v roku 1988 pod vedením profesora Miron Livny na University of Wisconsin-Madison na základe predchádzajúcich projektov z oblasti distribuovaných výpočtov[18]. Je šírený pod *open souce* licenciou a podporuje mnoho

<sup>10</sup><http://www.cs.wisc.edu/condor/>

architektúr (MacOSX, AIX, Tru64, UNIX, Irix, GNU/Linux, Windows).

CONDOR možno zaradiť do kategórie tzv. **High-Throughput Computing (HTC)**. Jedná sa o systémy poskytujúce dlhodobý veľký výpočtový výkon. Naproti tomu systémy z kategórie **High-Performance Computing (HPC)** poskytujú obrovské množstvo výpočtovej sily v malom časovom úseku. Výkon HPC systémov sa zvykne merať pomocou pohyblivej radovej čiarky za sekundu (FLOPS). Naproti tomu pre problémy riešené pomocou HTC sa hovorí o výpočtoch nie v sekundách, ale rádovo v mesiacoch alebo rokoch[19].

Myšlienka CONDOR-a je jednoduchá. Používatelia nemusia modifikovať svoje programy, aby mohli používať CONDOR. Musia iba súhlasiť s tým, že budú patriť do siete CONDOR-u, kde si počítače navzájom medzi sebou vymieňajú správy. CONDOR striehne na pozadí siete, zahniezdený v počítači, ktorý sa nazýva *central manager*, ktorým sa môže stať ktorýkoľvek počítač v sieti, a na ktorom sa bude sledovať aktivita počítačov. Keď zistí, že niektorý z počítačov nie je dostatočne vyťažený, tak ho uchmatne a spustí na ňom úlohu. Keď sa používateľ rozhodne opäť použiť svoj počítač, tak CONDOR presunie úlohu niekam inam[20]. CONDOR poskytuje tradičnú funkcionálnu pre usporiadanie úloh do radov a plánovanie úloh, spolu s mnohými novými prvkami ako je napr. klasifikácia zdrojov. Systém CONDOR má niekoľko typických vlastností[21].

Vytváranie kontrolných bodov je proces, pri ktorom ukladáme stav programu tak, aby program mohol byť reštartovaný z tohoto stavu niekedy v neskoršom čase, typicky na inom mieste. Periodické vytváranie kontrolných bodov je hlavne vhodné pri dlho bežiacich úlohách, pričom v prípade poruchy stačí spustiť výpočet s posledného kontrolného bodu. Kontrolné body pomáhajú vytvárať určitý komfort pre používateľa, na ktorého počítači práve prebieha cycle scavenging. Akonáhle CONDOR zaregistruje, že používateľ je aktívny na počítači, okamžite ukončí výpočet, a daná úloha môže pokračovať od posledného kontrolného bodu na inom mieste a v inom čase. Takýto používateľ nemusí potom čakať, kým systém dokončí výpočet a odošle výsledky, ale takmer okamžite (nejaká komunikácia tam medzi počítačom a central managerom samozrejme ešte musí prebehnúť) môže počítač používať, bez toho aby bol vlastne CONDOR-om obmedzovaný.

Migrácia úloh je umožnená vytváraním kontrolných bodov, vďaka čomu môže plánovač migrovať úlohy do iných zdrojov bez straty výsledkov z práve prebiehajúceho výpočtu.

Klasifikácia zdrojov *ClassAds*, umožňuje oznamovať voľné systémové prostriedky a dovoľuje úlohám sa o ne uchádzať, ak ich práve potrebujú.

Prostredie, v ktorom bude úloha spúšťaná, musí byť známe už v čase jej zaslania. CONDOR nazýva bežiacie prostredie ako *universe*. Existuje podpora pre nasledovné prostredia:

- Štandardné - podporuje vytváranie kontrolných bodov, migráciu úloh, ale má niektoré obmedzenia, úloha musí byť linkovaná s knižnicou CONDOR-u.
- Vanilla - podporuje niekoľko služieb s malými obmedzeniami.
- PVM - programy napísané pre Parallel Virtual Machine.
- MPI - programy pre MPICH.

- Globus - pre zadávanie úloh pre Globus.
- Java - pre programy napísané pre Java Virtual Machine.

### 2.5.3 Grid MP

Grid MP<sup>11</sup> je komerčný produkt spoločnosti United Devices, ktorý ponúka riešenie pre vytvorenie rozsiahlej mnoho zdrojovej dynamickej virtuálnej infraštruktúry. Grid MP má niekoľko typických vlastností[25]

- “Provisioning”. Rozdelenie zdrojov a používateľov do skupín, nastavenie prívilegií.
- Virtualizácia. Jednoduché užívateľské rozhranie umožňuje prístup k celej infraštruktúre.
- Bezpečnosť. Má zabudovaných niekoľko bezpečnostných opatrení ako šifrovanie dát prenášaných v infraštruktúre systému. Autentifikácia, aby iba oprávnení užívatelia mali prístup do systému. Digitálne podpisy aplikácií zabezpečujú, aby iba autorizované aplikácie mohli byť registrované a používané v systéme.
- Aplikačný “framework” pre rýchly vývoj programov.
- Optimalizácia rozloženia záťaže.
- Škálovateľnosť, manažovateľnosť a ochrana proti poruchám.
- Podpora mnohých platforiem - GNU/Linux (SuSE, RedHat, Fedora, Mandrake, Debian), Windows (98/ME, NT 4.0 (SP6 and up), 2000, 2003 CCE, XP, all on x86), Mac OS X v.10.2 10.3, AIX 4.3 5L 32-bit and 64-bit on IBM RS/6000, Solaris 9 (32-bit and 64-bit) on Sun SPARC).

Grid MP architektúra[26] pozostáva zo skupiny serverov, ktoré poskytujú služby *gridu* pre administrátorov, vývojárov a používateľov a súboru výpočtových prostriedkov pozostávajúci z osobných počítačov, pracovných staníc, “high-end” serverov a “clusterov”. Grid MP servery poskytujú služby pre manažovanie zdrojov, ako výpočtových zariadení, údajov, aplikácií a záťaže používateľov. Prístup k týmto službám je možný pomocou webového rozhrania (*MP Grid Services Interface MGSI*). Servery majú nasledovné úlohy.

- Autentifikácia používateľov a zariadení.
- Manažment údajov.
- Manažment úloh a zaťaženia.
- Plánovanie úloh pre voľné zariadenia.

---

<sup>11</sup><http://www.ud.com/products/gridmp.php>

Na každom zdroji v Grid MP systéme beží odľahčený MP agent, ktorý poskytuje kontrolovaný prístup k zariadeniu. Agent poskytuje prostredie, kde môže bežať aplikácia prijatá od servera, v nevtieravom (neobmedzujúcom pre používateľa daného počítača), bezpečnom *sandbox* prostredí. Grid MP podporuje GNU/Linux, AIX, Windows, Mac, and Solaris na strane klientov. Systém poskytuje niekoľko možností pre prístup a riadenie zdrojov. Okrem webového rozhrania je možné používať aj príkazový riadok. Zdroje môžu byť zoskupené do skupín, ktoré môžu byť manažovateľné administrátorom, ktorý môže vytvoriť pravidlá o ich používaní. Tieto pravidlá môžu obsahovať typicky nasledovné položky[26]:

- Časy, kedy môžu byť zariadenia používané.
- Koľko diskového miesta môže byť použitého.
- Priority pre skupiny používateľov systému pre využívanie zdrojov.

Grid MP podporuje tri typy úloh[12]:

- Dávkové úlohy.
- Úlohy MPI.
- Paralelné úlohy. Podporuje hrubozrnný paralelizmus pre veľké úlohy, ktoré môžu byť rozdelené na niekoľko nezávislých podúloh.

#### 2.5.4 Sun Grid Compute Utility

Sun Grid Compute Utility<sup>12</sup> je komerčná služba spoločnosti SUN microsystems, ktorá ponúka prístup k rozsiahlym počítačovým zdrojom formou jednoduchého webového rozhrania. Cena za využívanie tejto služby je stanovená na 1\$ za jeden CPU za jednu hodinu. Je to vhodné pre spoločnosti[22]:

- ktoré majú cyklické požiadavky na výpočtovo náročné úlohy(denne, týždenne, mesačne, sezónne),
- pre potreby výpočtových prostriedkov len na určitý čas, napríklad na špeciálne projekty,
- ak výpočtové úlohy môžu bežať v dávkach,
- ak sú vyčerpané všetky dostupné výpočtové prostriedky, ale stále pretrváva potreba po vyššom výkone.

Sun Grid Compute Utility je zatiaľ poskytovaný iba pre obyvateľov USA, ale počíta sa aj s medzinárodnou podporou. Pozostáva zo serverov, ktoré sú osadené “Dual AMD Opteron” procesormi, pričom na jeden CPU(jadro) pripadá 4 GB RAM. Servery pracujú pod operačným systémom Solaris.

Je podporované paralelné prostredie MPICH (otvorená implementácia *Message Passing Interface*). Binárne spustiteľné súbory môžu byť buď 32-bitové alebo 64-bitové aplikácie vytvorené pod Solaris 10 OS, x64 Platform Edition. Tiež je možné, aby aplikácie boli vytvorené pre Java Virtual Machine. Pre používateľa prebieha celý proces v piatich krokoch[24]:

---

<sup>12</sup><http://www.network.com/>



- **Príprava a balenie.** Všetky aplikácie musia pracovať správne pod JVM alebo Solaris 10 OS pre x64 na architektúre x86/x64. Všetky aplikácie, skripty (ktoré sa používajú na inicializáciu výpočtu) a údaje budú uložené do pracovného adresára. Je preto potrebné presvedčiť sa, či sú všetky referencie relatívne k danému adresáru, resp. podadresárom, a tiež, či všetky operácie sú adresované relatívne k domácomu adresáru. Ďalej je potrebné, aby sa aplikácie vykonali až do konca pod kontrolou Solaris OS. Ešte je potrebné, aby neboli použité žiadne závislosti na konkrétne “Solaris user ID” a práva musia byť nastavené tak, aby dovolili vykonávanie náhodne priradeným “Solaris user ID”. Veľkosť všetkých súborov nemôže prekročiť veľkosť používateľského konta a to je 10GB.
- **Nahratie súborov, aplikácii a údajov.** Prebieha pomocou “browsera” cez webov0 rozhranie.
- **Vytvorenie opisu úlohy.** Definovanie dát, programov a vytvorenie inicializačného skriptu.
- **Plánovanie a spustenie.** Vyberie sa opis úlohy, ktorý sa bude vykonávať. Po spustení je možné kontrolovať stav v ktorom sa výpočet nachádza (čakanie v rade, príprava, vykonávanie, úspešné ukončenie, neúspešné ukončenie, zrušenie). Užívateľ môže o jednotlivých etapách dostávať upozornenia vo forme emailu.
- **Stiahnutie výsledkov.** Po skončení výpočtov sú výsledky sprístupnené v jednom súbore vo formáte zip, ktorý si používateľ môže stiahnuť cez webové rozhranie.

## 3 Špecifikácia požiadaviek, návrh

Po dôkladnej analýze problematiky sme pristúpili k špecifikácii požiadaviek a návrhu nášho systému. Systém sme rozdelili na tri základné časti:

- správa používateľských účtov
- interaktívne webové rozhranie s používateľom
- riadenie a správa distribuovaných výpočtov (ďalej vnútorný manažér)

Jednotlivé časti systému sa budú medzi sebou ovplyvňovať. Ďalším určujúcim faktorom v riadení aplikácie bude samozrejme používateľ. Všetky možné interakcie sú zhrnuté v nasledovnom zozname:

- webová časť interaktívne reaguje na používateľské požiadavky,
- webová časť spúšťa vnútorného manažéra (ten je určený pre UNIX OS),
- vnútorný manažér spúšťa používateľské programy na zadaných uzloch,
- vnútorný manažér zbiera výsledky a poskytuje ich webovej časti,
- webová časť poskytuje výsledky používateľovi,
- webová časť komunikuje s databázou.

### 3.1 Nefunkcionálne požiadavky

Zabezpečenie nášho systému by malo byť rozdelené do dvoch častí. Prvá časť zahŕňa zálohovanie dát. Zálohovanie sa bude vykonávať automaticky v určených intervaloch. Okrem toho bude možné vykonávať zálohy aj manuálne. Druhá časť bude zameraná na viacúrovňové používateľské práva s autentifikáciou pomocou mena a hesla.

### 3.2 Používatelia

Základnou požiadavkou na náš systém je jeho webové rozhranie. Z toho logicky plynie schopnosť systému obsluhovať viacerých používateľov naraz v rovnakom čase. Aby sa zabránilo neadekvátnemu použitiu systému musia zákonite existovať pre používateľov isté jasne definované hranice ich schopností v systéme. Táto kapitola sa preto zaoberá definovaním používateľských rolí v systéme a ich funkciami.

1. Bežný používateľ, aaa
  - možnosť prihlásenia a odhlásenia,
  - nahratie súborov do systému (vytvorenie projektu),

- výber uzlov, na ktorých bude spustený distribuovaný výpočet,
  - manipulácia so spustiteľným súborom (spustenie, zastavenie, zadávanie vstupov, stiahnutie výstupov),
  - informácie o uzloch (vyťaženosť procesora, dostupná pamäť, voľná disková kapacita, počet bežiacich procesov na uzle).
2. "Supervízor", Zmyslom tejto role je čiastočne nahradiť administrátora systému. Budeme predpokladať, že administrátor sa síce bude pravidelne pripájať, ale nemôžeme predpokladať, že bude vždy k dispozícii.
- správa uzlov (pridávanie/odoberanie uzlov, obmedzenie používateľov na skupinu uzlov, obmedzovanie vyťaženia uzlov, diskovej kapacity, pamätevej kapacity),
  - podrobná štatistika o uzloch (vyťaženosť uzlov jednotlivými používateľmi, prezeranie používateľských súborov (projektov), dĺžka trvania distribuovaných výpočtov na uzloch),
  - "supervízorove" zmeny v systéme budú mať len dočasný charakter, t.j. budú sa môcť vrátiť do stavu definovaného správcom,
  - vytváranie nových používateľov a editovanie u« existujúcich (napr. nastavovanie kvóty na pou«itý diskový priestor)
  - správa používateľských účtov: možnosť pridávať nových používateľov, definovať im role, vymazávať existujúcich používateľov a modifikovať používateľské účty,
3. Administrátor, Táto rola je pre funkčnosť celého systému nevyhnutá. Bez nej by prakticky nebola možná správa celého systému. Hlavnou úlohou administrátorov je dohliadať na funkčnosť a bezchybný chod celého systému.
- potvrdzovanie zmien, ktoré vykonal "supervízor",
  - možnosť návratu k starším nastaveniam (systém si ich bude pamätať v databáze),
  - prezeranie histórie (zmien v systéme, aktivita študentov (ich súbory a použité vstupy)),
  - správa používateľských účtov: možnosť pridávať nových používateľov, definovať im role, vymazávať existujúcich používateľov a modifikovať používateľské účty,
  - správa výpočtových uzlov v systéme: možnosť pridať alebo vymazať výpočtové uzly, ktoré bude systém evidovať. Uzly, ktoré budú v systéme zaregistrované (bude o nich systém vedieť), budú môcť byť využité pri spúšťaní distribuovaných výpočtov,
  - monitorovanie stavu systému: možnosť sledovať reálnu alebo súhrnnú vyťaženosť jednotlivých uzlov systému, sledovanie štatistiky o spustených výpočtoch.

Návrh hlavných funkcií systému

<i>Funkcia</i>	<i>Opis</i>	<i>Vstupy</i>	<i>Vstupy</i>
prihlásenie do systému	používateľ zadá meno a heslo a systém ho autentifikuje a autorizuje	meno a heslo	potvrdenie prihlásenia
vytváranie / mazanie používateľských účtov	správca vytvorí / vymaže používateľa a zadefinuje jeho rolu	meno používateľa	nový účet / potvrdenie o zrušení účtu
nahratie zdrojového súboru	používateľ nahrá súbory na kompiláciu, ktoré sa následne používajú na distribuovaný výpočet	zdrojové súbory	skompilovaný súbor
priradenie úloh vnútornému manažérovi	nahratie vstupných dát alebo argumentov príkazového riadku skompilovaného programu	vstupy a argumenty	spustenie výpočtu
zber výsledkov	vnútorný manažér zo všetkých uzlov zozbiera výsledky výpočtu	výsledky výpočtu z každého uzla	výsledky výpočtu zo všetkých uzlov
odhlásenie zo systému	odhlásenie používateľa zo systému a vytvorenie záznamov o jeho aktivite	záznamy o činnosti v lokálnej databáze	záznamy o činnosti v globálnej databáze
zaznamenávanie činností	vnútorný manažér monitoruje činnosť, vstupné a výstupné dáta, nahraté súbory, vyťaženie pamäti, procesora	I/O data, nahraté súbory, štatistiky uzlov	nahraté údaje v lokálnej databáze

### 3.3 Model prípadov použitia

Táto kapitola opisuje systém z pohľadu prípadov použitia. Snaží sa ukázať možnosti použitia systému z pozície tých, ktorý sa dostávajú do kontaktu so systémom.

#### 3.3.1 Diagram prípadov použitia

Diagram prípadov použitia je znázornený na obrázku 2.

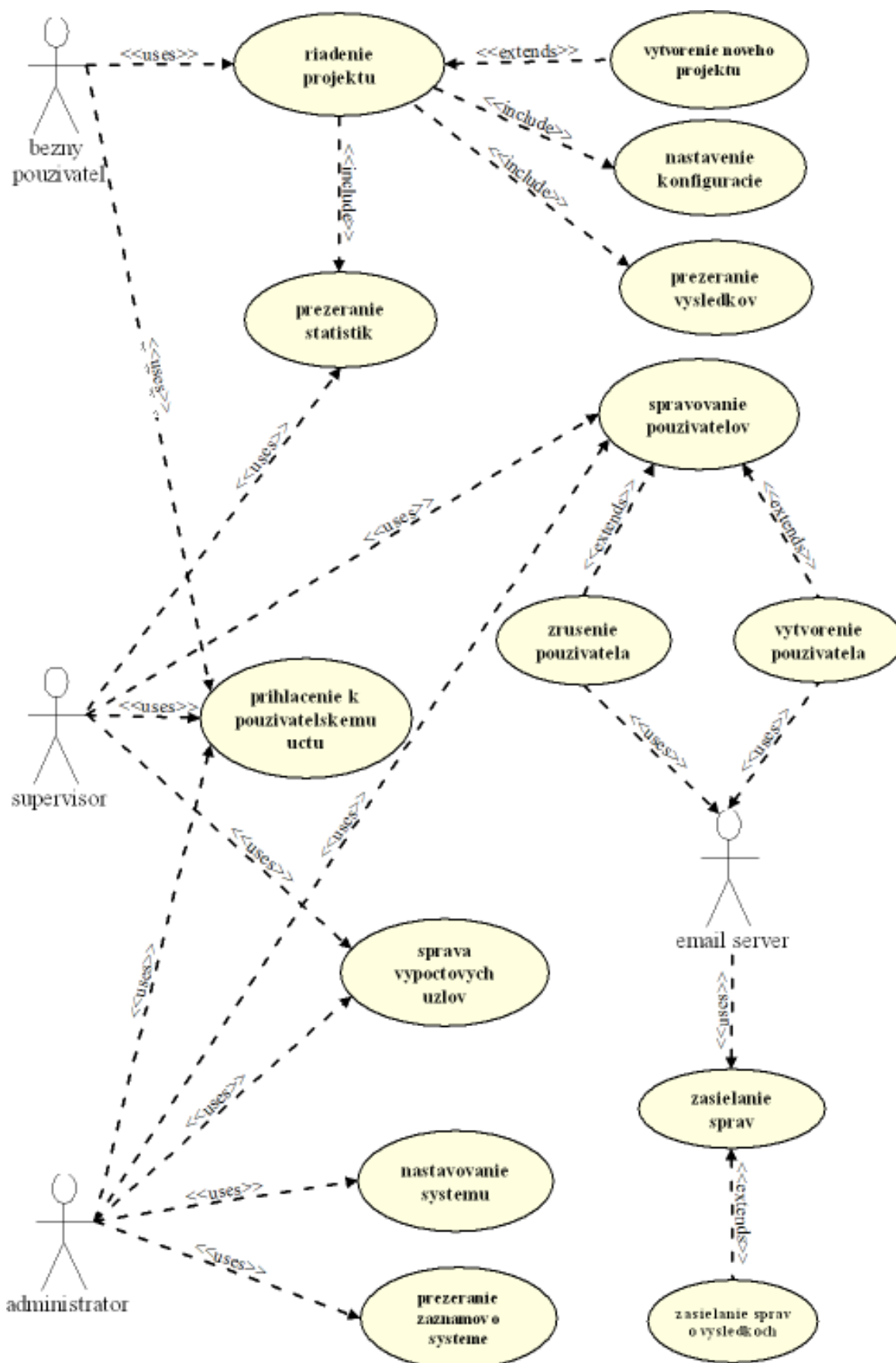
#### 3.3.2 Hráči

**Bežný používateľ:** Je hráč, ktorý prichádza do kontaktu so systémom za účelom vykonania výpočtov a následného získania výsledkov.

**Supervízor:** Je hráč, ktorý vytvára a manažuje používateľov systému, a spravuje konfigurácie výpočtových uzlov, pre výpočty ktoré na nich vykonávajú bežný používateľa.

**Administrátor:** Je hráč, ktorý nastavuje parametre celého systému.

**Emailový server:** Je vonkajší systém, ktorý zasiela automatické správy používateľom systému.



Obr. 2: Diagram prípadov použitia

### 3.3.3 Prípady použitia

**Prihlásenie k používateľskému účtu:** Používateľ sa prihlási svojim menom a heslom, a systém mu následne prideli práva, ktoré môže mať v systéme. V tomto prípade použitia je zahrnuté aj odhlásenie sa od systému.

**Riadenie projektu:** Bežný používateľ si môže nastavovať niektoré parametre svojho projektu, môže si vytvoriť nový projekt, môže si prezerať výsledky z výpočtov, môže si nahrávať súbory ktoré potrebuje v projekte, môže nastavovať konfiguráciu systému pre výpočet, môže svoj výpočet spúšťať a zastavovať a získavať informácie o jeho priebehu.

**Prezeranie výsledkov:** Bežný používateľ si môže prezrieť výsledky na základe dokončeného výpočtu.

**Vytvorenie nového projektu:** Bežný používateľ si môže vytvoriť nový projekt. V systéme môže mať niekoľko nezávislých projektov.

**Nastavenie konfigurácie:** Bežný používateľ nastaví dostupnú konfiguráciu pre svoj výpočet. Napríklad počet výpočtových uzlov na ktorých sa bude výpočet vykonávať.

**Prezeranie štatistík:** Používateľ si môže prezerať pre neho dostupné informácie o systéme poprípade priebehu výpočtu.

**Spravovanie používateľov:** Administrátor alebo supervízor, môžu pridávať a rušiť používateľov, poprípade im dočasne zakázať prístup k používateľským účtom.

**Vytvorenie používateľa:** Administrátor alebo supervízor vytvorí nového používateľa.

**Zrušenie používateľa:** Administrátor alebo supervízor zruší existujúceho používateľa.

**Správa výpočtových uzlov:** Administrátor alebo supervízor môže nastavovať niektoré systémové konfigurácie, ktoré sa budú vzťahovať pre bežných používateľov. Napríklad disková kapacita, prístup k výpočtovým uzlom, voľný čas pre spotrebovanie na výpočet, atď. Pričom nastavenia supervízora majú len dočasný charakter a musí ich potvrdzovať administrátor. Supervízor si môže vyberať prednastavené konfigurácie ktoré vytvoril administrátor.

**Nastavovanie systému:** Administrátor potvrdzuje a vytvára trvalé nastavenia celého systému.

**Prezeranie záznamov o behu systému:** Administrátor si môže prezerať informácie o celom systéme.

**Zasielanie správ:** Emailový server, podľa požiadaviek, rozosiela správy o udalostiach v systéme.

**Zasielanie správ o výsledkoch:** Emailový server posiela bežnému používateľovi správu o stave jeho výpočtov.

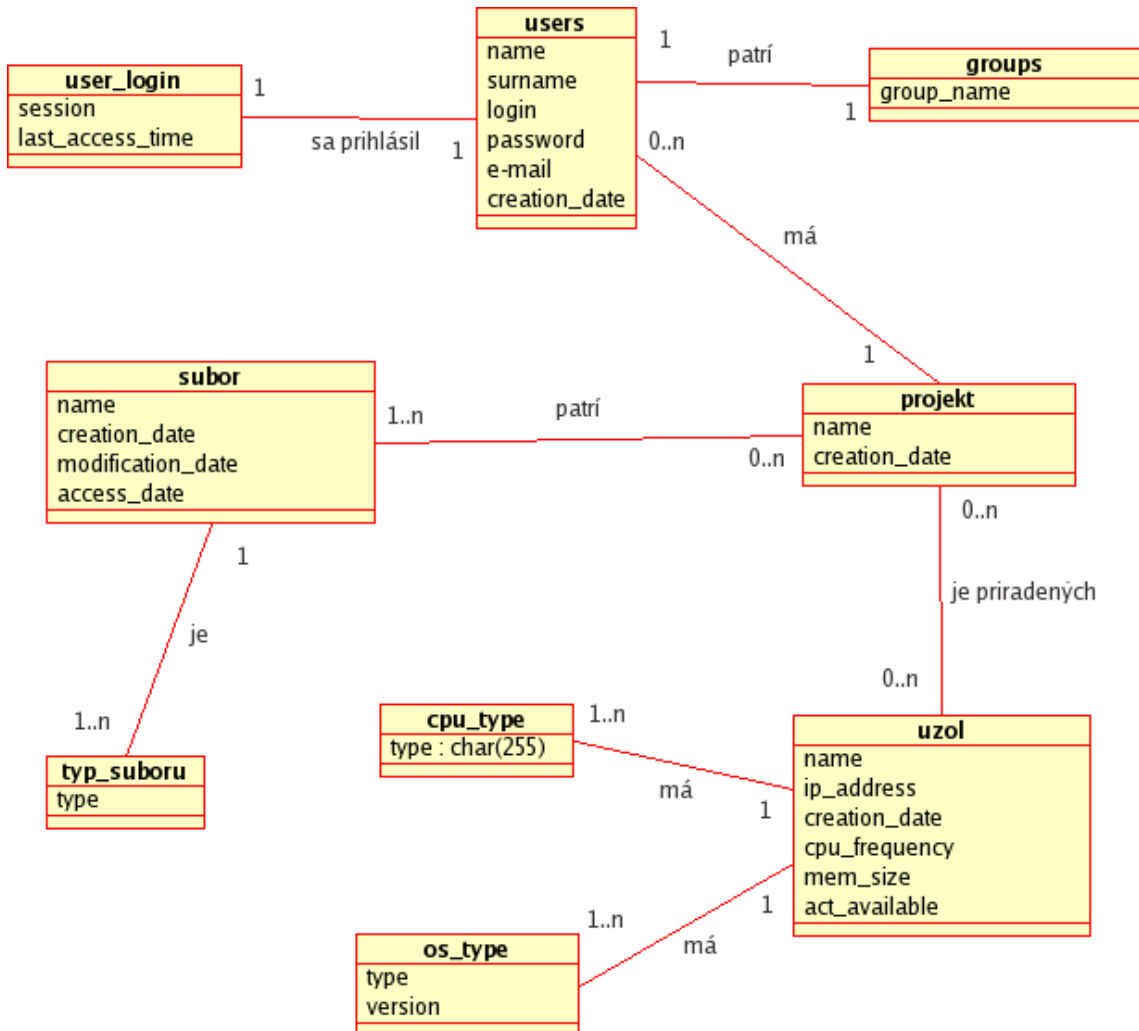
## 3.4 Logický model údajov

Pri vytváraní logického modelu údajov sme identifikovali nasledujúce entity:

- používatelia (users),
- projekty (projects),
- súbory (files),

- uzly (nodes).

Ich vzťahy znázorňuje obrázok 3 – diagram vzťahov medzi entitami.



Obr. 3: Logický model

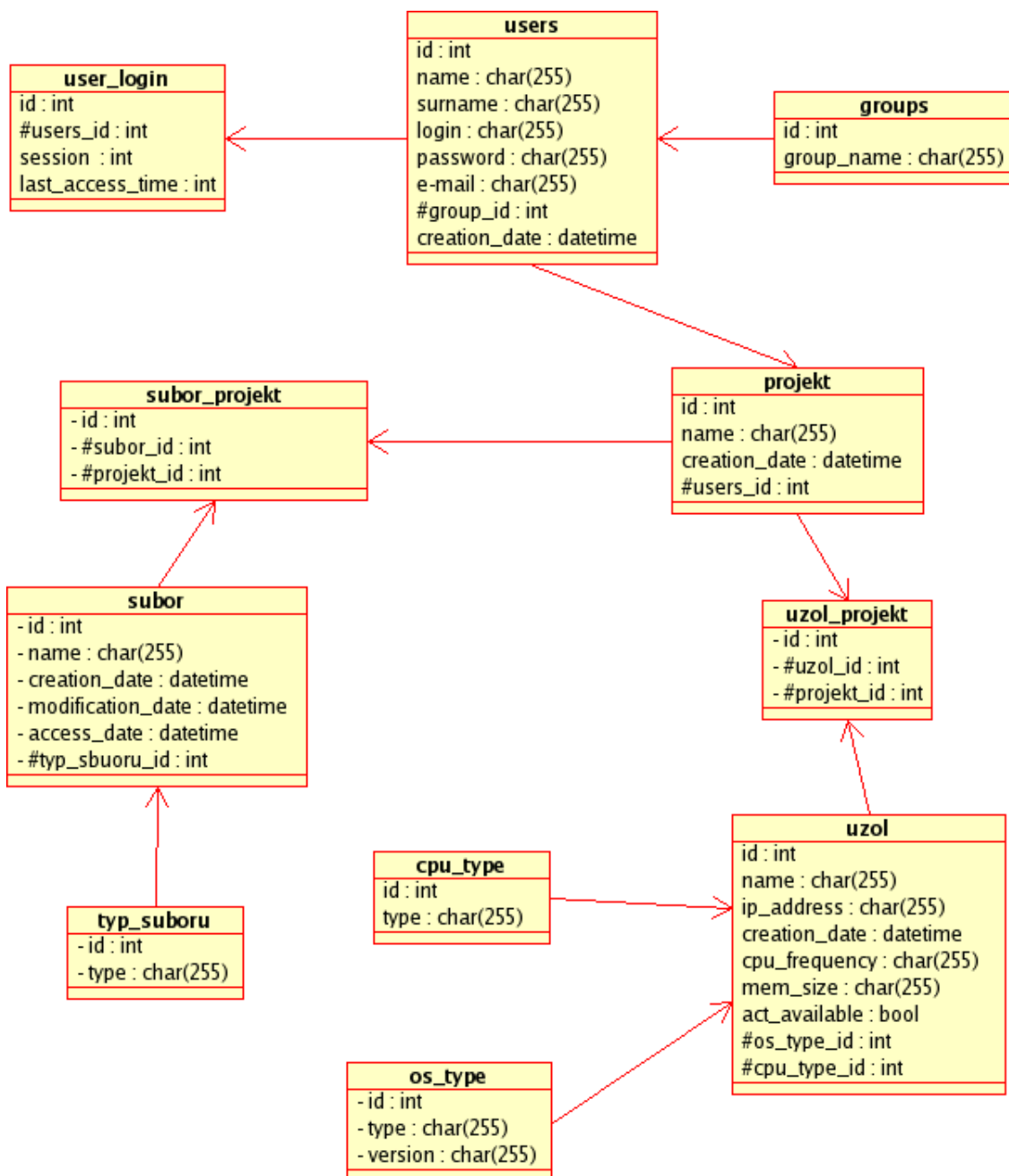
### 3.5 Fyzický model údajov

V logickom modeli údajov sme identifikovali základné entity systému. Kapitola návrhu fyzického modelu údajov sa zaoberá dekompozíciou základných entít, identifikáciou ich parametrov. V logickom modeli údajov existuje medzi entitami projekt - uzol a projekt - súbor vzťah s kardinalitou N ku N. Ten je potrebné eliminovať pomocou pomocných tabuliek. Na obrázku 4 je zobrazený fyzický model.

Pri dekompozícii entít a vytváraní zoznamu sme identifikovali ďalšie, vedľajšie entity. Sú to entity:

- prihlásenie používateľa (user\_login),
- typ súboru (file.type),
- typ operačného systému (os.type),
- typ procesora (cpu.type).

Na obrázku 4 je zobrazený fyzický model.



Obr. 4: Fyzický model



Elimináciou vzťahov s kardinalitou N ku N vznikli nasledujúce entity:

- súbor\_projekt (file\_project),
- uzol\_projekt (node\_project).

Entity majú nasledujúce parametre:

1. používateľ (user),
  - meno (name),
  - priezvisko (surname),
  - prihlasovacie meno (login) - slúži na identifikáciu a autentifikáciu do systému,
  - heslo (password) - slúži na identifikáciu a autentifikáciu do systému,
  - typ používateľa (group\_id) - slúži na identifikáciu role používateľa.
2. projekt (project),
  - názov (name) - používateľ si zvolí názov projektu,
  - dátum a čas vytvorenia (creation\_date) - údaj má informatívny charakter pre bežného používateľa (vlastníka projektu) aj pre administrátora.
3. súbor (file),
  - meno (name) - názov, meno súboru,
  - cesta k súboru (path) - cesta k súboru v súborovom systéme operačného systému,
  - dátum a čas vytvorenia (creation\_date),
  - dátum a čas poslednej modifikácie (modification\_date),
  - dátum a čas posledného prístupu (access\_date).
4. uzol (node).
  - názov (name) - jedinečný názov na ľahšiu identifikáciu uzla,
  - dátum a čas pridania do systému (creation\_date) - údaj má informatívny charakter pre administrátora,
  - veľkosť operačnej pamäte (mem\_size) - informuje používateľov o veľkosti operačnej pamäte,
  - ip adresa (ip\_address) - slúži na identifikáciu uzla v sieti,
  - aktuálna dostupnosť (act\_available) - informácia, či je uzol aktuálne dostupný.
5. typ používateľa (group),
  - názov skupiny (group\_name) - slovný názov role - skupiny používateľov,
6. typ procesora (cpu\_type),

- typ procesora (`type`) - druh procesora (napríklad `i386`, `i486`, `ppc`, `alpha`, atď),
7. typ operačného systému (`os_type`),
- typ operačného systému (`type`) - druh operačného systému (napríklad `FreeBSD`, `Linux`, atď),
  - verzia operačného systému (`version`) - verzia konkrétneho operačného systému (napríklad `FreeBSD 5.2Release`, atď),
8. typ súboru (`file_type`),
- typ súboru (`type`) - (napríklad binárny, dátový - vstupný, dátový - výstupný, `makefile`, zdrojový, atď).

## 3.6 Vnútorný manažér

Vnútorný manažér (ďalej len manažér) predstavuje jadro celého navrhovaného systému. Ide vlastne o akúsi vnútornú logiku a činnosti, ktoré celý systém definujú, pretože má na starosti spravovanie a riadenie distribuovaných výpočtov.

Táto kapitola pojednáva o základných funkciách manažéra z používateľského hľadiska.

### 3.6.1 Riadenie kompilácie

Prvý krok, ktorý je potrebný na spustenie distribuovaného výpočtu je samotná kompilácia programu, ktorý predstavuje požadovanú výpočtovú úlohu. Úlohou manažéra je prijať zdrojové súbory v jazyku “C” spolu s pokynmi, ako ich skompilovať. Tie môžu predstavovať dodatočné prepínače či argumenty pre kompilátor (napr. prílinkovanie matematickej knižnice, knižnice na osbluhu vlákien a pod.) ako aj tzv. “Makefiles”, ktorý je vlastne komplexnejšou reprezentáciou spomínaných pokynov.

Výsledkom operácie bude buď skompilovaný binárny program alebo výpis od kompilátora, ktorý sa ďalej predá webovému rozhraniu, aby sa používateľ dozvedel o príčinách zlyhania kompilácie.

### 3.6.2 Spravovanie uzlov

Úlohou manažéra je aj podrobné monitorovanie každého uzla – ide o informácie o dostupnej pamäti, diskovej kapacite, vyťažnosti procesora a podobne. Tieto informácie sa použijú jednak ako štatistické podklady pre webové rozhranie, jednak aj ako podklady pre reštrikcie voči používateľom, ktorí príliš vyťažujú niektorý z uzlov.

Pod správu uzlov patrí aj zadefinovanie, ktoré uzly sa pre daný výpočet použijú. Táto informácia sa získa z webového rozhrania a manažér ju následne použije na vytvorenie (resp. overenie) prístupových práv k požadovaným uzlom (ako veľmi výhodný spôsob sa javí použitie technológie *secure shell*, kde sa do súboru uložia privátne kľúče pre uzly, kam chceme pristupovať a prihlásenie pomocou mena a hesla už nie je potrebné). Pri použití knižnice *PVM* sa potom len v súbore zadefinujú

uzly, ktoré sa majú pri výpočte použiť a používateľ, resp. manažér sa už potom nemusí o nič starať.

### 3.6.3 Spravovanie výpočtu

Ak už máme program skompilovaný a uzly pridelené, môžeme pristúpiť k samotnému výpočtu. Základ, okrem algoritmu pretransformovaného do programu, tvorí samozrejme jeho vstup. Bolo by dobré, keby manažér vedel pre každý uzol dodať iný vstup, aby to používateľ nemusel riešiť manuálne. Manažér teda pridelí dodané vstupy medzi uzly (samozrejme tu bude stále možnosť, že používateľ si otázku vstupov bude riešiť sám – napr. pri hľadaní prvočísiel je doslova žiadúce, aby toto koordinoval samotný program a nie manažér) buď tak, že bude spúšťať rôzne inštancie programov s rôznymi vstupmi cez *shell* alebo využitím funkcií knižnice *PVM*.

Program sa potom môže následne cez manažéra spustiť, zastaviť, spustiť s iným vstupom a pod.

### 3.6.4 Zbieranie výsledkov

Po skončení výpočtu je žiadúce, aby bol manažér schopný vypočítané výsledky nejako zozbierať a poslať ďalej. Môže ísť o výpisy na obrazovku (ktoré si manažér presmeruje a zaznamená) či vygenerované súbory. Ďalej by nás mohli zaujímať štatistické údaje o behu programu, napr. koľko času strávil výpočtom, koľko času bežal dokopy a pod.

### 3.6.5 Zaznamenávanie činnosti a ukladanie záznamov

Nemenej zaujímavou vlastnosťou manažéra je zaznamenávanie činnosti a možnosti replikácie vykonaného výpočtu na základe týchto záznamov.

Aby bolo možné takúto operáciu realizovať, je potrebné zaznamenať tieto údaje:

- zdrojové kódy programu aj s parametrami na kompiláciu
- vstupné dáta
- rozpis, na ktorých uzloch má byť výpočet vykonaný
- aké vstupné dáta prislúchali akým uzlom

Tieto údaje musia byť uložené do databázy, aby sa dali znovupoužiť kedykoľvek to používateľ uzná za vhodné.

### 3.6.6 Realizácia

Na to, aby mohol manažér poskytovať spomínané funkcie, musí byť schopný komunikovať s webovým rozhraním (získavanie zdrojových súborov, vstupných dát, rozloženie uzlov pre výpočet, posielanie výsledkov), s knižnicou (resp. démonom) *PVM* (spúšťanie a zastavovanie výpočtu, pridelenie uzlov na výpočet) ako aj so samotným operačným systémom (spúšťanie kompilátora, tvorba súborov a adresárov, komunikácia s uzlami, prihlasovanie sa na uzly, zisťovanie záťaže, voľnej pamäti a diskovej kapacity, "zabíjanie" nežiadúcich procesov, získavanie výstupov).

Manažér teda bude realizovaný ako démon s právami administrátora, ktorý bude bežať na všetkých uzloch. Najjednoduchšou možnosťou by bola forma skriptu, ktorý by prijímal príkazy od webového rozhrania a následne ich vykonal.

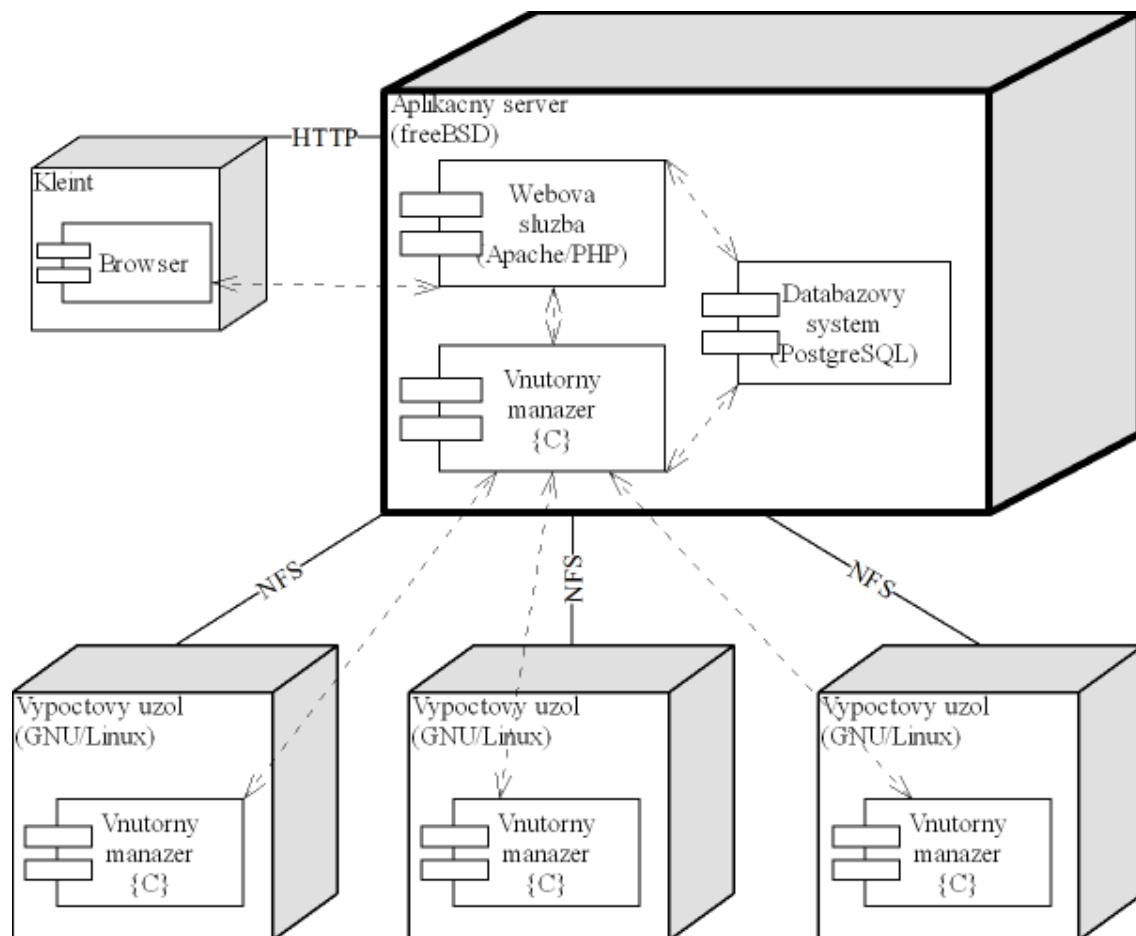
Ďalej je potrebné previazanie s nástrojom *PVM*. Toto by nemal byť problém, pretože *PVM* sa dá efektívne ovládať pomocou príkazového riadku, takže to bude len vecou zavolania *PVM* démona so správnymi argumentami.

Na sledovanie stavu systému (a jeho vyťaženia) sa dajú s úspechom použiť existujúce programy, ktoré zisťujú všetky potrebné informácie o systéme aj jednotlivých procesoch (napr. "ps", "time", "top" a mnoho ďalších) a keďže ide opäť o programy pre príkazový riadok, spracovanie ich výstupu nepredstavuje väčší problém (pomocou nástrojov ako "sed" či "grep").

Zaznamenávanie činnosti sa dá spraviť tak, že okrem pracovných kópii vstupov od webového rozhrania si budeme vytvárať aj ďalšie, záložné kopie. Môže ísť napr. o adresárovú štruktúru pre každého používateľa s dátumom a časom prihlásenia, kde budeme mať zvlášť adresár na zdrojové kódy, vstupné dáta, rozpis pre uzly atď. Táto štruktúra sa pri odhlasovaní používateľa môže skomprimovať a uložiť do databázy.

### 3.7 Diagram rozmiestnenia

Táto podkapitola nám ukazuje aké je skutočné, fyzické rozmiestnenie hardvéru a jeho vzájomné prepojenie, ako aj jeho vzťahy so softvérom. Diagram rozmiestnenia je znázornený na obrázku 5.

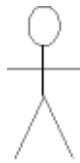


Obr. 5: Diagram rozmiestnenia

## A Použitá notácia

### A.1 Model prípadov použitia

Hráč (obrázok 6) je osoba, organizácia alebo vonkajší systém, ktorý hrá úlohu v jednom alebo viacerých vzťahoch s našim systémom.



Obr. 6: Hráč

Prípad použitia (obrázok 7) je postupnosť činností, ktorá má merateľnú hodnotu pre hráča.



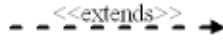
Obr. 7: Prípad použitia

Asociácia (obrázok 8) je znázornená orientovanou úsečkou, ktorá vyjadruje smer inicializácie vzťahu medzi elementami modelu.



Obr. 8: Asociácia

Zovšeobecnenie (obrázok 9) je orientovaná úsečka a smeruje od konkrétnejšieho k všeobecnejšiemu.



Obr. 9: Zovšeobecnenie

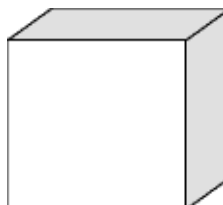
Závislosť (obrázok 10) umožňuje zahrnúť prípad použitia (ukazuje na neho orientovaná úsečka) do iného prípadu použitia.



Obr. 10: Závislosť

## A.2 Diagram rozmiestnenia

Uzol (obrázok 11) predstavuje hardvér v systéme.



Obr. 11: Uzol

Komponent (obrázok 12) predstavuje softvérovú entitu.



Obr. 12: Komponent

Komunikácia (obrázok 13) sa odohráva medzi komponentami.



Obr. 13: Komunikácia

Vzťah (obrázok 14) vzniká medzi hardvérovými uzlami.



Obr. 14: Vzťah





## Literatúra

- [1] Stránka projektu PVM  
*<http://www.csm.ornl.gov/pvm/>*
- [2] PVM: Parallel Virtual Machine, Al Geist, Adam Beguelin, Jack Dongarra, Weicheng Jiang, Robert Manchek, Vaidy Sunderam  
*<http://www.netlib.org/pvm3/book/node2.html#SECTION00110000000000000000>*  
PVM
- [3] Parallel-Pvm-1.4.0  
*<http://search.cpan.org/~dleconte/Parallel-Pvm-1.4.0/Pvm.pm>*
- [4] Stránka projektu MPI  
*<http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi/>*
- [5] MPI: A Message-Passing Interface Standard  
*<http://www.mpi-forum.org/docs/mpi-11-html/mpi-report.html>* A  
Message-Passing Interface Standard
- [6] PVM and MPI: A Comparison of Features - G.A Geist, J. A. Kohl, P. M. Papadopoulos  
*<http://www.csm.ornl.gov/pvm/PVMvsMPI.ps>*
- [7] Why are PVM and MPI So Different - William Gropp, Ewing Lusk  
*<http://www.mcs.anl.gov/~gropp/bib/papers/1997/pvmpaper.ps>*
- [8] PVM and MPI are completely different - William Gropp, Ewing Lusk  
*<http://www.mcs.anl.gov/~gropp/bib/papers/1997/fgcspaper.ps>*
- [9] KOSEK, Jiří: PHP: Tvorba interaktivních internetových aplikací. Praha: Grada, 1999. 490 s. yISBN 80-7169-373-1
- [10] ZEND PHP: Documentation <http://www.php.net/docs.php>  
1. 11. 2006
- [11] WIKIPEDIA PHP  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Php>  
1. 11. 2006
- [12] ROOT Databáze v Linuxu (Tutoriály na Rootu)  
<http://tutorialy.root.cz/linux-na-serveru/database-v-linuxu/>  
1. 11. 2006
- [13] WIKIPEDIA MySQL  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Mysql>  
1. 11. 2006

- [14] POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP PostgreSQL: About  
<http://www.postgresql.org/about/> 1. 11. 2006
- [15] Volunteer computing, 16 Aug 2006.  
<http://boinc.berkeley.edu/volunteer.php>. [2006-11-06]
- [16] Desktop grid computing with BOINC, 16 Aug 2006.  
<http://boinc.berkeley.edu/dg.php>. [2006-11-06]
- [17] Overview of BOINC, 23 Sep 2005.  
<http://boinc.berkeley.edu/intro.php>. [2006-11-06]
- [18] How did the Condor project start?.  
<http://www.cs.wisc.edu/condor/background.html>. [2006-11-06]
- [19] Alan Beck, High Throughput Computing: An Interview with Miron Livny, 27. June 1997.  
<http://www.cs.wisc.edu/condor/HPCwire.1>. [2006-11-06]
- [20] Scott Fields, Hunting for wasted computing power, 1993.  
<http://www.cs.wisc.edu/condor/doc/WiscIdea.html>. [2006-11-06]
- [21] Jeff Mausolf, An eagle-eye view of the Condor project, 15 Feb 2005.  
<http://www-128.ibm.com/developerworks/library/gr-condor/>. [2006-11-06]
- [22] Sun Grid. <http://www.sun.com/service/sungrid/>. [2006-11-06]
- [23] Sun Grid Compute Utility - Frequently Asked Questions.  
<http://www.sun.com/service/sungrid/faq.xml>. [2006-11-06]
- [24] Sun Microsystems, Inc. Sun Grid Compute Utility Developer's Guide, September 2006.  
<http://www.sun.com/service/sungrid/SunGridDevelopersGuide.pdf>. [2006-11-06]
- [25] Grid MP Features and Benefits.  
[http://www.ud.com/products/gridmp\\_fabs.php](http://www.ud.com/products/gridmp_fabs.php). [2006-11-06]
- [26] Ashok Adiga, Nina Wilner: Grid in action: Harvesting and reusing idle compute cycles, 28 Jun 2005. <http://www-128.ibm.com/developerworks/grid/library/gr-harvest/?ca=dgr-lnxw01HarvestingGrid>. [2006-11-06]