

## **Oponentský posudek habilitační práce**

Autor práce: Ing. Jarmila Škrinárová, Ph.D.

Název práce: **Hybridné počítanie**

### **Aktuálnosť tématu habilitační práce**

Předložená habilitační práce je zaměřená na moderní modely využívání informačních technologií (platformy) poskytující úlohám vysoký výkon a na podporu efektivního využití těchto platform. Vychází ze tří základních modelů – pro vysoce výkonné počítání (superpočítání - supercomputing), gridové počítání (grid computing) a počítání v cloudu (cloud computing). Hybridním počítáním se zde potom rozumí kombinace těchto základních modelů. Jde o problematiku vysoce aktuální. Rozvrhování úloh pro řešení na takových platformách, které zajistí co nejlepší využití při splnění požadavků úloh, je potom jednou z klíčových komponent těchto platform.

### **Dosažené výsledky a přínos práce**

V práci autorka prokazuje orientaci v problematice těchto moderních modelů, provádí jejich základní porovnání a navazuje na koncept elastického klastru jako představitele hybridního počítání. Vlastním přínosem habilitantky, prezentovaným v práci, jsou potom zejména algoritmy rozvrhování pro distribuované prostředí využitelné i pro hybridní počítání. Tyto algoritmy využívají některých moderních přístupů z oblasti umělé inteligence, konkrétně neuronových stromů a inteligence roje (swarm intelligence). Vlastnosti algoritmů ověřila autorka simulací nebo měřeními v reálném prostředí výpočetního klastru na UMB v Banské Bystrici.

### **Formální stránka a struktura práce**

Habilitační práce je členěna do šesti kapitol. V úvodu jsou uvedeny dva cíle práce – analyzovat základní poznatky o elastických klastrech jako prostředcích hybridního počítání na gridech a cloudech a návrh algoritmů pro případ počítání na gridu a výkonném klastru. Těmto cílům odpovídá i struktura práce.

První kapitola je věnována dvěma ze tří výše uvedených modelů, konkrétně počítání v cloudu a gridovému počítání. Jsou uvedeny zejména klíčové prvky a technologie jako je virtualizace a správa zdrojů a charakterizována architektura. V závěru kapitoly je stručně zmíněna motivace a předpokládané přínosy hybridního počítání kombinujícího základní modely.

Ve druhé kapitole habilitantka prezentuje pojem elastického klastru jako formy hybridního počítání a podrobněji se věnuje některým dílčím problémům, zejména vztahujícím se ke zdrojům (virtualizace) a řízení zdrojů, zátěže a dynamické infrastruktury. Zavádí zde také některé charakteristiky úloh, které mají být systémem zpracovány.

Třetí kapitola pojednává o podpoře rozvrhování v elastickém klastru. Je zde definován obecný problém rozvrhování množiny úloh na množinu strojů a jsou diskutovány přístupy k řešení. Autorka zde prezentuje tzv. LLRK klasifikaci problémů rozvrhování a podrobněji se věnuje jednotlivým položkám trojice charakterizující problém rozdělování – specifikaci množiny strojů a jejich prostředí, množiny úloh a jejich prostředí a optimalizačního kritéria. V této části zavádí rovněž určité formalizmy pro jejich popis. V některých případech zde prezentuje různé přístupy k popisu, resp. rozšíření LLRK klasifikace, jejichž souvislost a použití není z textu zcela zjevná. Týká se to např. popisu úloh šestici dle vztahu (2.1) v kombinaci s popisem symbolem  $\beta$ . To se potom projevuje určitým způsobem i při aplikaci popisu pro elastický klastr, kde charakteristika úlohy je nějaká kombinace zmíněných způsobů popisu. V závěru kapitoly je naznačena koncepce správy úloh elastického klastru

a je uveden stručný popis možného algoritmu na podporu rozvrhování úloh a predikce času spuštění úlohy.

Čtvrtá kapitola je věnována problematice vyvažování zátěže. Opět je nejprve neformálně vymezen problém a jsou klasifikovány přístupy k jeho řešení. Poměrně velký prostor je v této kapitole věnován migraci procesů, která přináší ve srovnání s vyvažováním na úrovni úloh některé nové problémy. V závěru kapitoly je naznačena koncepce podpory elasticity v elastickém klastru a je stručně diskutován dopad na zpoždění úlohy.

Pátá kapitola poskytuje úvod do neuronových sítí a stromů a optimalizace využitím inteligence roje, konkrétně optimalizace rojem částic (Particle Swarm Optimization, dále jen PSO). Jde o základy užitečné pro kapitolu šestou, ve které se tyto modely a odpovídající techniky využívají v algoritmech rozvrhování úloh.

V šesté kapitole jsou obsaženy hlavní vlastní výsledky autorky v oblasti návrhu modelů a algoritmů rozvrhování úloh. Jsou zde prezentovány tři původní algoritmy doplněné popisy a výsledky experimentů. Ve všech případech autorka definuje problém a předpoklady týkající se prostředí (strojů a úloh), popisuje navržený model a optimalizační kritérium. Slovní popis algoritmů je doplněn stručným zápisem v pseudokódu. Následuje popis experimentů, prezentace a diskuse výsledků. Ve dvou případech je experimentování na simulačních modelech vytvořených na bázi simulační knihovny GridSim. Pro specifikaci platformy, na níž jsou úlohy řešeny, byla využita dostupná data popisující reálné gridy. Poslední z algoritmů byl ověřen měřením na reálném výpočetním klastru na UMB v Banské Bystrici.

První z algoritmů řeší rozvrhování s optimalizací na bázi PSO, druhý řeší klasifikaci zdrojů využitím neuronových stromů a rozvrhování optimalizací na bázi PSO. Třetí, který byl ověřen měřením na reálném klastru, byl algoritmus dynamického rozvrhování úloh tvořených skupinami podúloh kombinující globální optimalizaci na bázi PSO a lokální na bázi gradientního algoritmu (Hill Climbing). Ve všech případech experimenty, resp. měření, prokázaly přínos k řešení problematiky rozvrhování úloh za definovaných podmínek.

Celkově lze říci, že práce je zpracována poměrně pečlivě, grafická úprava je dobrá. Většina obsahu je srozumitelná a vysvětlena dobře. Některé části třetí a šesté kapitoly jsou srozumitelné hůře. Formalismus použitý v práci je zpravidla použit účelně, občas se v těchto částech vyskytují drobné nepřesnosti, které ale pochopení výrazněji nesnižují.

#### **Publikace**

Z přehledu použité literatury v habilitační práci je zřejmé, že Ing. Jarmila Škrinářová, Ph.D. výsledky obsažené v práci a výsledky souvisejících oblastí (zejména neuronových sítí) prezentovala v několika článcích v časopisech a na mezinárodních konferencích.

#### **Otázky do diskuse**

1. Při vymezení pojmu elastického klastru ho uvádíte na str. 26 jako kombinaci zdrojů HPC (High Performance Computing) a zdrojů cloudu? Rozumíte tady pod HPC jak superpočítání, tak gridové počítání nebo je zde chápání tohoto pojmu užší?
2. Jaké vidíte hlavní oblasti použití a naopak omezení vámi navržených algoritmů rozvrhování s ohledem na předpoklady, které jste pro ně definovala?
3. Jaký je současný stav a další plány rozvoje výpočetního klastru na UMB v Banské Bystrici?

**Závěr a doporučení**

Závěrem konstatuji, že předložená habilitační práce Ing. Jarmily Škrinářové, Ph.D. podle mého názoru splňuje podmínky kvalifikační práce vedoucí k udělení vědecko-pedagogického titulu docent. Proto práci k obhajobě doporučuji a po úspěšné obhajobě navrhuji tento titul udělit.

V Brně dne 3. 9. 2013



Doc. Ing. Jaroslav Zendulka, CSc.  
Fakulta informačních technologií VUT v Brně