

Oponentní posudek disertační práce Ing. Petra Lukašíka „Využití paralelních výpočtů a technologie Gridu pro rozsáhlé vědeckotechnické výpočty“

V dnešní době, kdy lokální výpočetní systémy dosahují dříve nemyslitelných parametrů (a dokonce to lze říci i o mobilních zařízeních), se dostává do popředí otázka, jak tuto kapacitu využít a snížit tak zátěž serverů, a tím i zkrátit čas dokončení prováděných úloh. A právě tím se zabývá disertační práce Ing. Petra Lukašíka a lze tak jednoznačně říci, že **téma práce je aktuální**.

To s sebou nese otázku paralelizace výpočtů na výpočetní jednotce, distribuované zpracování v sítích v geograficky rozlehlé topologii a řadu otázek souvisejících s předáváním dat, jejich zabezpečení, nutnost vytvoření plánovače procesů, synchronizace u paralelních výpočtů, řešení chybových stavů a výpadků části složitého systému.

Vzhledem k široké třídě problémů je i vědecká literatura ve studovaném zaměření roztržštěná, práce se většinou věnují dílčím problémům a chybí ucelená vědecká monografie, anebo alespoň učebnice základních principů, dobře to demonstruje i seznam 104 literárních zdrojů disertace, mezi nimiž převažují internetové odkazy a konferenční příspěvky. Téma práce je obtížné a při splnění deklarovaných cílů **práce je disertabilní**.

V úvodní 1. kapitole autor vysvětluje pojmy grid a cloud a jejich rozdíl podle typu zpracovávaných úloh. Pozornost věnuje problematice odolnosti systému proti poruchám pomocí techniky sledování kontrolních bodů (checkpointing) a replikace úloh. Poukazuje výpočetní náročnost metod plánování, které patří do třídy NP-úplných problémů, a rozebírá i netradiční přístupy k masivní paralelizaci výpočtů, které jsou založeny na kvantových výpočetních systémech a inspiraci biologickými strukturami DNA.

V závěru 1. kapitoly pak představuje **cíle disertace**, spočívající v návrhu a realizaci gridové služby, nasazení paralelních výpočtů na grafických kartách a porovnání podpory programových vývojových prostředí výrobcí grafických procesů a návrhu systému tvorby časových rozvrhů spouštění úloh.

Další tři kapitoly se podrobněji zabývají paralelními a distribuovanými výpočetními systémy a jejich rozdílem, výhodám a specifickým omezením. Vzhledem k jednomu z cílů disertace je větší pozornost věnována výpočtům na grafické kartě, včetně uvedení zdrojových kódů.

Pátá kapitola přináší klasifikaci nekoordinovaného a synchronního checkpointingu a výklad jeho principu. Tyto techniky umožňují při výskytu chyby se vrátit do stavu před jejím vyhodnocením, avšak jak je ukázáno, může dojít i k přechodu do nekonzistentního stavu.

Plánování procesů z kategorie *job shop scheduling*, popsané v 6. a 7. kapitole je pro celou práci jednou z nejdůležitějších, je třeba zde zohlednit precedence v rámci operací téže úlohy, prioritu různých úloh a kritérium minimalizovat makespan. Proti klasickým problémům verzím problému job shop scheduling v rozvrhování výrobních procesů, zde není striktní požadavek na nepřerušitelnost operací úloh, využívá se strategie round-robin s cyklickým přidělováním času.

Důležitým výsledkem praktické části (popsané v 9. kapitole) je nová implementace části dávkových úloh v jazyku Java, která umožnila lepší rozložení celkové zátěže systému, který se v původní implementaci v RPG III do stavu, server při zpracování dávkových úloh byl zatížen na hranici svých možností a nebyl pak dostupný. Velmi názorně to dokládají obrázky v části 10.1.

Velmi přínosné jsou také poznatky v části 10.2, které dokládají výhodnost přesunu zpracování dat z centrální jednotky CPU do paměti grafické karty při velkém objemu dat. Autor zde diskutuje rozdílnost matematických knihoven, s nimiž pracují jednotky CPU a GPU, a jejich vliv na přesnost výpočtu v aritmetice s plovoucí desetinnou čárkou.

V části 10.4 doktorand ukazuje, jak je vhodné volit čas plánování, aby celkový čas provedení všech úloh (= makespan) byl dobrou aproximací optimálního řešení, které odpovídá minimu údaje makespan. Výsledky získané horolezeckým algoritmem (hill climbing), algoritmem zakázaného prohledávání (tabu-search) a simulovaným žiháním (simulated annealing) jsou podobné.

Po formální stránce práce má velmi dobrou jazykovou úroveň, občas však chybí čárky v souvětích, např. na str. 24 v 2. řádce shora před „na němž“ má být čárka, na stejné stránce ve 4. řádce zdola chybí čárka před „u nichž“, na další straně uprostřed před „kdy“, před „jejíž návrh“ na str. 31, v 3. řádce zdola na str. 31 chybí čárka za vloženou vedlejší větou „který je instalován na výpočetním zdroji“, ...

Obraty „nalezení co nejvíce optimálního postupu“ a „nevede k úplně optimálnímu řešení“ na str. 28, „méně optimální“ na str. 30 jsou nevhodné.

Není jasné, co autor míní větou „Výsledkem binární operace NAND jsou dvě vstupní hodnoty.“ na str. 36.

Grafická úroveň práce je velmi dobrá a sazba bezchybná díky použití typografického systému L_aT_EX .

Vedle vlastního návrhu gridové služby a jejího testování na praktickém příkladu je cenné i to, že autor v závěru nastiňuje další možné směry zkoumání, což může být inspirací dalším doktorandům a odborníkům z praxe. Navíc uvádí i vlastní záměry, kde bude stavět na dosažených výsledcích.

Dotazy na disertanta:

1. Plánovací úlohy patří k NP-úplným problémům a s tím souvisí vlastnost exponenciálně rostoucí výpočetní náročnosti v závislosti na počtu vstupních údajů. Na str. 93 uvádíte, že „celkový čas úlohy se skládá z času potřebného pro vytvoření rozvrhu úlohy a času běhu vlastní úlohy? Relace těchto dvou časů jsou pak uvedeny v obrázcích na str. 151. Odtud je však patrné, že pro počet úloh menší než 3000 nemá prodloužení plánovacího času na snížení doby makespan podstatný vliv a od určité hodnoty času plánování ani pro 10 000 úloh. Dá se předpokládat, že tato závislost, vyjádřená pomocí lineární regrese, bude platit i pro počet úloh nekolinásobně větší než 10 000?
2. Osvětlete blíže pojem škálovatelnost distribuovaného systému (str. 33).

Závěr:

Lze konstatovat, že Ing. Petr Lukašik prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje, kde plně využil programátorské dovednosti z jeho odborné praxe. Řadu výsledků publikoval na mezinárodním fóru, např. v knihách z řady *Advances in Intelligent Systems and Computing*, kterou vydává prestižní nakladatelství Springer, získal tedy i uznání vědeckou komunitou. Jeho disertační práce splňuje podmínky § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb., Práce je přínosná po teoretické stránce a má významné praktické využití, proto ji

doporučuji k obhajobě

před komisí doktorského studijního oboru Inženýrská informatika

V Brně dne 28. května 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Šeda".

Prof. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně

Oponentský posudek doktorské disertační práce

Autor doktorské práce:

Ing. Petr Lukašik

Téma doktorské práce:

Využití paralelních výpočtů a technologie Gridu, pro rozsáhlé vědeckotechnické výpočty

Oponent doktorské práce:

Doc. RNDr. PaedDr. Hashim Habiballa, Ph.D., Ostravská univerzita v Ostravě

Téma práce a splnění cíle

Problematika paralelních výpočtů a jejich optimalizace je téma, které se momentálně řeší v různých vědeckých skupinách na světě, jak i autor prokázal v teoretické části práce. Práce velmi výstižně popisuje state-of-the-art se všemi aktuálními trendy a navazuje na tyto přístupy. Z tohoto pohledu jsou cíle práce a práce samotná velmi přínosné.

Práce má jednak teoretickou a jednak praktickou (aplikační) část. Teoretická část začíná obecnými otázkami paralelního zpracování informace, použitelnými existujícími přístupy a specifickými problémy při efektivní paralelizaci procesů. Experimentální část pak přináší popis vlastního frameworku autora, který nejen popisuje, ale také testuje jeho praktickou účinnost na vhodných úlohách.

Tyto cíle zahrnují především:

- návrh gridové služby pro definici a zpracování konkrétní úlohy,
- analyzovat možnosti nasazení paralelních výpočtů na grafických kartách,
- porovnat výkonnost dostupných nástrojů pro využití GPU,
- návrh systému pro jednoduché zadávání a provedení aplikačních úloh.

Cíle byly splněny, jak to autor prokázal na experimentální části práce. Především navrhl a otestoval vlastní systém pro definici a zpracování úloh s pomocí paralelních výpočtů. Velmi pozitivní prvek práce je, že autor zvolil praktický přístup, kdy k problematice přistupoval nejen z pohledu vědeckého, ale také inženýrského a vycházel z potřeb přímé aplikace systému v industriální praxi. Autor v práci hodlá dále pokračovat a systém aplikovat v reálných úlohách a zvyšovat jeho efektivitu zejména na poli plánování úloh, což oceňuji, neboť tím práce získává potenciál i pro další vědecké zkoumání a experimenty.

Přínos v oblasti poznání

Autorův přínos je hodnotný pro poznání v oblasti umělé inteligence, která se soustředí na plánování a optimalizaci úloh s pomocí paralelního zpracování dat. Práce přináší zajímavé

výsledky o efektivitě plánování úloh a lze na ni velmi dobře navázat právě v této oblasti, kde vidím velký potenciál pro využití soft-computingových metod.

Výsledky a další autorovy práce byly rovněž publikovány v odborných časopisech, na mezinárodních a národních konferencích. Zde by bylo vhodné u obhajoby detailněji popsat vztah jednotlivých publikací ke konkrétním částem disertační práce. Týká se to například časopisecké publikace „Vizualizace výrobních procesů“ nebo konferenční publikace „Process optimization of information logistics – subject for increase in information security“. Zároveň jsou některé citace autorových prací neúplné. Z pohledu relevantních scientometrických ukazatelů má autor 2 záznamy v databázi DBLP a WOS a 4 záznamy v databázi SCOPUS, což považuji za dostatečný počet.

Formální úprava, publikace

Doktorská disertační práce je členěna do 15 kapitol, z nichž prvních 8 představuje především popis současného stavu a definování cílů disertační práce. Další kapitoly řeší již vlastní návrhy autora a jejich experimentální ověření. Disertační práce obsahuje celkem 197 stran.

Po formální stránce je práce zpracována poměrně pečlivě, zejména teoretická část je psána velmi výstižně.

Použitá literatura je bohatá a pestrá. Obsahuje jednak klasické monografie, vysoce aktuální články z kvalitních časopisů i aktuální internetové zdroje.

Dotazy a připomínky

Celá práce je psána srozumitelně a postupně řeší problematiku od analýzy po konkrétní návrh. Autor by na obhajobě měl odpovědět na následující dotazy:

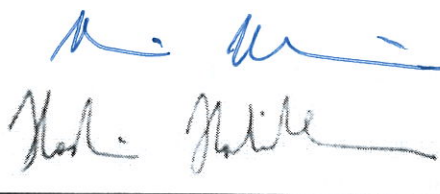
1. Jaké soft-computingové metody byste využil při plánování úloh s využitím navrženého systému.
2. Popište prosím, jaké úlohy plánujete v brzké době s navrženým systémem řešit v industriální praxi, případně máte již nějaké takové úlohy vyřešeny?
3. Ve vašich publikacích jste se věnoval také kvantovým výpočtům. Jaký je vztah k práci?

Závěr

Předložená práce Ing. Petra Lukašíka splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci a to jak z pohledu teoreticko - metodologické úrovně, tak ve využitelnosti v praxi. Práce obsahuje původní výsledky.

Doporučuji předloženou disertační práci k obhajobě a rovněž doporučuji, aby na základě úspěšné obhajoby byl panu Ing. Petru Lukašíkovi udělen akademický titul Ph.D. v oboru Inženýrská informatika.

V Ostravě 5. 8. 2016



Doc. RNDr. PaedDr. Hashim Habiballa, Ph.D., Ph.D.

OPONENTNÍ POSUDEK DOKTORSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky

Obor: Inženýrská informatika

Téma práce: Využití paralelních výpočtů a technologie Gridu pro rozsáhlé vědeckotechnické výpočty

Doktorand: Ing. Petr Lukašík

Školitel: doc. Ing. Martin Sysel, Ph.D.

Aktuálnost tématu disertační práce

Předložená disertační práce je věnována výzkumu možnosti použití metod grid computingu pro rozsáhlé vědeckotechnické výpočty v průmyslové praxi s cílem optimalizace vhodného zátěžového rozložení hlavních serverů v čase.

Uvedené téma je vzhledem ke způsobu řešení inovativní a pro potřeby průmyslové praxe z pohledu znalostí použitých postupů a metod v současné době a v uvedeném segmentu zásadní a aktuální.

Splnění stanovených cílů v disertační práci

Cílem předkládané disertační práce bylo vypracování metodiky pro řešení náročných výpočetních úloh s využitím paralelních a distribuovaných výpočtů v průmyslové praxi a její praktické ověření. K uvedenému cíli přiřazený prováděný výzkum měl za cíl ověřit využitelnost metodiky v prostředí obecného návrhu úloh v konkrétním prostředí segmentu strojírenského průmyslu, které jsou pro uvedené úlohy typické (kap. 1.3.).

Konstatuji, že **cíle stanovené v práci byly splněny a závěry z nich vyplývající označuji pro průmyslovou praxi strojírenského podniku za významné**. Obzvláště oceňuji jejich praktické ověření v podmínkách strojírenské společnosti TAJMAC-ZPS, a.s. ve Zlíně.

Postup řešení problému a výsledky disertační práce, přínos doktoranda

Postup a způsob řešení tématu práce je založen na distribuci vybraných algoritmů (systému pro plánování a řízení výroby) na koncové stanice uživatelů, kdy je systém dávkových úloh nahrazen událostmi řízenou distribucí objektů řešících vybrané standardní úkoly plánovacího procesu. Tímto postupem je směřováno k optimalizaci rozložení zátěže hlavního serveru v čase.

Autor práci zpracovává v deseti kapitolách, které odrážejí srozumitelnou formou práci na celém projektu: Současný stav řešené problematiky, Charakteristika výpočetních systémů, Paralelní výpočetní systém, Distribuovaný výpočetní systém, Fault tolerance, Plánování procesů, Plánovač, Definice a distribuce úloh, Praktická část, Experimentální část, Závěr.

Oceňuji stanovení možností a návrh řešení pro využití metodiky paralelních výpočtů s využitím grafických akceleratorů pro řešení úloh v oblasti distribuovaných výpočtů a gridu. Významným výsledkem je poznatek, že gridová služba může být využita jako podpora pro rozložení špičkových zátěží informačních a plánovacích systémů a také i to, že definice fault tolerance subsystému a jeho vlastností má zásadní vliv na spolehlivost celé gridové služby,

OPONENTNÍ POSUDEK DOKTORSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky

Obor: Inženýrská informatika

kdy úkolem tohoto prvku je nejen zvýšit odolnost celého systému, ale i rozpoznat různé chybové scénáře a na základě nich volit vhodnou strategii obnovy. V předloženém projektu byl navržen a realizován systém, který řeší specifické výpadky a chyby vznikající v reálném provozu, například vypnutí výpočetního zdroje v průběhu výpočtu, nebo chyby programového vybavení. Z důvodu požadavku nižších nároků na systémové prostředky, byla zvolena metodika nesynchronizovaného check pointu, která řeší případný výpadek nebo chybu tak, že posílá znovu do zpracování celou část úlohy, která chybovou výjimku vyvolala. Způsob řešení práce odpovídá vysokým nárokům na řešení zadaného problému vědeckou experimentální metodou v daném segmentu a hodnotím jej jako vhodně zvolený. Výsledky práce v oblasti aplikovaného výzkumu prokazují dle mého názoru jednoznačný přínos jak v oblasti teorie, tak praxe. Velmi oceňuji ověření aplikovatelnosti výsledků v průmyslové praxi, která je kritériem kvality a odráží tak přínos práce doktoranda v oblasti aplikovaného výzkumu.

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Význam aplikovaného výzkumu pro praxi spatřuji v návrhu systému schopného v průmyslové praxi provádět rozsáhlé distribuované výpočty a jejich následné a kontinuální ověření. Uvedené vnímám také jako významné a inovativní v oblasti rozvoje vědního oboru, kdy návrh plánovacích algoritmů a jejich případná modifikace umožňuje nalézat cesty pro optimalizace výpočetních úloh doplněných o subsystémy řešících problematiku kolizí a chyb. Problematika odstraňování chyb je oblastí, která je a bude pro průmyslovou praxi trvalým problémem který, pokud není odpovědně řešen, vede k významným ztrátám.

Formální úprava disertační práce

Práce je přehledná, srozumitelná, kapitoly na sebe logicky navazují, text je prostý chyb a formálně splňuje nároky na kvalitní doktorskou disertační práci v uvedeném oboru. Jako drobný nedostatek by bylo možné po formální stránce vnímat terminologické označení metod v textu velkými písmeny (Grid/grid aj.).

Dotazy k obhajobě:

V čem předpokládáte výhodu kódu JSDEL vůči skriptu interpreteru BASH, pokud jak v práci tvrdíte, je jeho praktická realizace složitější?

Závěr

Předkládanou práci **doporučuji** k obhajobě před příslušnou komisí a po jejím úspěšném obhájení udělit jmenovanému titul Ph.D. v uvedeném oboru.

Ve Zlíně dne:

18.1.2016

doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

Fakulta aplikované informatiky UTB ve Zlíně