



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže:	14.8.2011 – 23.9.2011
Navštívené pracoviště:	Vrije Universiteit, Brusel, Belgie
Zahraniční garant:	prof. Theo D'Hondt
Účastník stáže:	Mgr. Petr Krajča, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Laboratoř programovacích jazyků (Software Language Lab) na katedře informatiky Vrije Universiteit v Bruselu patří mezi přední evropská pracoviště zabývající se výzkumem v oblasti programovacích jazyků a souvisejících technologií. Laboratoř pokrývá celou širokou škálu témat řešených jednotlivými skupinami v rámci laboratoře. Mezi nejvýznamnější skupiny patří skupina „Ambient“, vedená prof. Wolfgangem de Meuterem, zaměřující se na oblast programovacích jazyků pro mobilní zařízení a kontextově orientované programování. Dále zde působí skupina CAMP (Code Analysis and Manipulation), vedená prof. Vivian Jonckers, zaměřující se na metody statické analýzy programu, doménově specifické jazyky a meta-úrovňové modelování a architektury. Třetí významnou skupinou je Parallel Programming Group (PPP) vedená prof. Theem D'Hondtem, se kterou došlo k navázání spolupráce.

Skupina Parallel Programming Group se dlouhodobě věnuje výzkumu paralelizace výpočtu pro potřeby budoucích vícejádrových procesorů. Pozornost této skupiny se zaměřuje především na různé modely výpočtu vhodné pro vícejádrové procesory. Toto téma je považováno za zásadní, jelikož se dá očekávat, že vývoj hardwaru, zejména rostoucí počet procesorů, bude v blízké době vyžadovat radikální změnu přístupu k programování a zpracování informací. Skupina prof. D'Hondta, stejně jako my, využívá pro svůj výzkum různé dialekty programovacího jazyka Lisp, čímž je jednak v kontextu tohoto typu výzkumu unikátní a je to také významná příležitost pro spolupráci.

Kromě profesora D'Hondta v týmu Parallel Programming Group dále působí jako post-doc výzkumníci Dr. Tom Van Cutsem, Dr. Charlotte Herzeel, Dr. Ellie D'Hondt a Dr. Bruno de Fraine a čtyři další Ph.D. studenti. Celkově v laboratoři působí cca 12 post-doc výzkumníků a přibližně 20 dalších členů, Ph.D. nebo master-studentů. Řada pracovníků této laboratoře je podpořena vládní agenturou IWT spolupracující s významnými průmyslovými podniky, jakou jsou Intel nebo IMEC.

Průběh stáže

V průběhu stáže jsem se zapojil do skupiny Parallel Programming Group (PPP) a s jejími členy diskutoval jednotlivé aspekty související s paralelizací výpočtů a existujících programů. Tato témata byla probírána jak na pravidelných setkání skupiny PPP, tak i při četných neformálních setkáních.

V diskuzích jsme se soustředili zejména na metody implicitní paralelizace programů. V rámci skupiny PPP existuje několik přístupů k tomuto problému, které jsou intenzivně rozvíjeny v rámci dílčích projektů. Mezi takové projekty patří projekt SLIP nebo Beaver. Typickou vlastností těchto projektů je transformace kódu do tvaru označovaného jako Continuation Passing Style (CPS), manipulace s programem na úrovni abstraktního syntaktického stromu, plánování a distribuce výpočtu s využitím work-stealing mechanismu. Výpočet je řešený formou interpretace kódu a kompilace je považována pouze za možnou metodu optimalizace. Aby bylo možné efektivně implementovat interpreter jazyka na bázi Continuation Passing Style, je potřeba explicitně manipulovat se zásobníkem procesoru, za tímto účelem jsou využívána platformově specifická volání *setjmp* a *longjmp*. Tyto operace jsou využity jednak k implementaci „trampolíny“, která zajišťuje, že nedojde k přetečení zásobníku, je díky nim možné implementovat operaci *call-with-current-continuation* a zejména předávat vykonávání programu mezi vlákny.

V jednotlivých projektech jsou navíc experimentálně ověřovány další nové myšlenky, např. projekt Beaver nereprezentuje jednotlivé seznamy jako spojové seznamy, ale využívá tzv. *finger trees*, které umožňují manipulovat s oběma konci seznamu v konstantním čase a provádět řadu operací s logaritmickou složitostí.

V rámci diskuzí jsme se také zaměřili na efektivní metody automatické správy paměti. Například projekt SLIP používá přesný (precise) garbage collector a snaží se o opakované využití nepotřebných objektů, což by mělo být výhodné zejména s ohledem na využití cache-paměti procesoru. Diskutovali jsme také možnost zavedení lokálních alokátorů v rámci vláken, která by měla zajistit výraznější škálovatelnost aplikací, jak naznačuje náš dosavadní výzkum. V rámci výzkumu automatické správy paměti byl učiněn i pokus o implementaci konceptu garbage collectoru, který nevyžaduje zastavení všech vláken procesu. Dosavadní zkušenosti však naznačují, že implementace tohoto konceptu je značně netriviální a přínos je zatím diskutabilní.

V souvislosti se správou paměti v prostředí paralelních aplikací byl představen zajímavý koncept práce s pamětí, označovaný jako *světy* (worlds). Myšlenka, původně navržená Alanem Keyem, se velice blíží softwarové transakční paměti, tj. je možné vytvořit aktuální obraz paměti, ten upravovat a v případě potřeby uložit změny, nebo vrátit vše do původního stavu. Předpokládáme, že tato myšlenka, zjednodušující vývoj aplikací půjde zahrnout i do našeho interpreteru jazyka Scheme, jako jednoduché rozšíření modulu transakční paměti.

Z diskuze o variantách mechanismu work-stealing a plánování paralelních výpočtů vyplynul závěr, že zatímco jednotlivé automatické paralelní interpretry paralelizují výpočet na úrovni vyhodnocení jednotlivých výrazů, jedná se tedy o fine-grained paralelizaci, bude v praktických aplikacích potřeba uvážit i paralelizaci na vyšší úrovni, např. zavedení fork/join mechanismu pro dlouhodobě běžící činnosti jakou jsou reader nebo listener.

Přednášky na navštíveném pracovišti

P. Krajča: *Schemik: An Implicitly parallel functional language*

Tuto přednášku jsem přednesl na semináři zorganizovaném v průběhu mé stáže v Laboratoři programovacích jazyků. Přednáška pokrývala rozsáhlý přehled našeho dosavadního výzkumu v oblasti implicitně paralelních programovacích jazyků. Jelikož se jedná o téma svou povahou velice blízké výzkumu, který je prováděn v rámci skupiny Parallel Programming Group, byl výklad vyplněn četnými dotazy profesora D'Hondta a jeho kolegů. Přednáška trvala přibližně dvě hodiny.

Publikace rozpracované během stáže

V průběhu stáže se podařilo úspěšně dokončit článek *Stack-based model of Implicit Execution of Functional Programs*. Klíčové bylo zejména dokončení experimentální části článku. Na základě konzultací s kolegy ze skupiny Parallel Programming Group se podařilo odhalit úzké hrdlo a ukázat, že naše implementace implicitně paralelního jazyka dokáže provádět paralelní výpočty výrazně efektivněji, než jsme si doposud mysleli. Byla rovněž zahájena příprava nového článku, zatím neformálně pojmenovaného: *Software Transactional Memory for Implicitly Parallel Functional Language: Proof of Correctness*.

Navázání kontaktů

Stáž zásadní měrou přispěla k navázání spolupráce se skupinou profesora Thea D'Hondta působící v Laboratoři programovacích jazyků Vrije Universiteit v Bruselu. Došlo k vzájemnému seznámení se s tématy řešenými ať už v Laboratoři programovacích jazyků Vrije Universiteit v Bruselu, tak na Katedře informatiky Univerzity Palackého v Olomouci. S profesorem D'Hondtem jsme také několikrát nezávazně diskutovali možnosti další spolupráce. Jedním z probíraných témat byla i možnost stáží pro belgické a české studenty magisterských a doktorských programů na Vrije Universiteit v Bruselu, resp. Univerzitě Palackého.

Shrnutí stáže

Stáž ve všech ohledech splnila svůj účel a smysl. Došlo k navázání s spolupráce s jedním z nejvýznamnějších pracovišť zabývajících se paralelními programovacími jazyky a paralelním zpracováním dat. V průběhu stáže jsem se seznámil s nejnovějšími poznatky a aktuálními trendy v oblasti paralelního programování a zejména automatické paralelizace výpočtů. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Fotografie z vědeckého semináře uskutečněného v průběhu stáže.