

## Program rektora MU na podporu tvůrčí činnosti studentů

### Podpora výzkumné činnosti studentů (kategorie E,F)

#### Závěrečná zpráva o výsledcích projektu

Identifikační kód projektu

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M | U | N | I | 3 | 3 | E | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| Základní údaje                       |   |
|--------------------------------------|---|
| Kategorie projektu (čl. 2 odst. 1)   | E   |
| Navrhovatel (jméno, příjmení, UČO)   | Bc. Milan Češka (UČO 99067)                         |
| Kontakt (adresa, telefon, e-mail)    | Neumannova 2, 602 00 Brno, xceska@fi.muni.cz        |
| Fakulta                              | Fakulta Informatiky                                 |
| Studijní program – obor              | FI N–IN Informatika, magisterský studijní program   |
| Název projektu                       | Distribuovaná verifikace pravděpodobnostních modelů |
| Akronym                              | DIVPROB   |
| Odborný garant – spoluředitel (+UČO) | prof. RNDr. Luboš Brim, Csc. (UČO 197)              |
| VŠ – fakulta – pracoviště            | MU Fakulta informatiky Katedra teorie programování  |
| Kontakt (adresa, telefon, e-mail)    | brim@mail.muni.cz                                   |
| Další spolupracovníci                | studenti-počet : 0      zaměstnanci-počet: 0        |

### Výstupy projektu

- Dosažené výsledky v oblasti **kvalitativního ověřování pravděpodobnostních modelů v prostředí s distribuovanou pamětí** včetně nástroje ProbDiVinE byly publikovány a prezentovány na mezinárodní konferenci QEST 2007 v Edinburgu: *Jiří Barnat, Luboš Brim, Ivana Černá, Milan Češka, and Jana Tůmová. ProbDiVinE: A Parallel Qualitative LTL Model Checker. In Fourth International Conference on the Quantitative Evaluation of Systems (QEST'07). United States of America : IEEE Computer Society, 2007. od s. 215-216, 2 s. ISBN 0-7695-2883-X.*
- Dosažené výsledky v oblasti **kvantitativního ověřování pravděpodobnostních modelů v prostředí se sdílenou pamětí** včetně nástroje ProbDiVinE-MC byly přijaty k publikaci a prezentaci na mezinárodní konferenci QEST 2008 v St. Malo Francie: *Jiří Barnat, Luboš Brim, Ivana Černá, Milan Češka, and Jana Tůmová ProbDiVinE-MC: Multi-Core LTL Model Checker for Probabilistic Systems.*
- Nové efektivní metody v oblasti **kvantitativního ověřování pravděpodobnostních modelů v prostředí se sdílenou pamětí** a jejich experimentální vyhodnocení na několika

případových studiích jsou obsaženy články: *Jiří Barnat, Luboš Brim, Ivana Černá, Milan Češka, and Jana Tůmová. Local Quantitative LTL Model Checking. FMICS 2008* L' Aquila Itálie submitted.

- Dosažené výsledky v oblasti **kvantitativního ověřování pravděpodobnostních modelů v prostředí se sdílenou pamětí** byly prezentovány v diplomové práci řešitele: *Parallel Quantitative Analysis of Probabilistic Systems*.
- V rámci projektu bylo vytvořeno několik *případových studií* a byla provedena jejich kvantitativní analýza. Tyto studie byly využity k porovnání navržených metod a jsou dostupné na webových stránkách projektu <http://anna.fi.muni.cz/probdivine/> spolu s popisem vyvíjených nástrojů a možnosti jejich stažení.

Všechny plánované výstupy byly splněny.

### Odborná charakteristika dosažených výsledků

Byl implementován nástroj ProbDiVinE pro kvalitativní verifikaci konečně stavových pravděpodobnostních modelů, který je efektivní v prostředí s distribuovanou pamětí.

Dále byl navržen a implementován algoritmus pro kvantitativní verifikaci konečně stavových pravděpodobnostních modelů pracující v prostředí se sdílenou pamětí.

Bylo provedeno jeho experimentální vyhodnocení na vytvořených případových studiích. Na základě těchto experimentů byly identifikovány klíčové části algoritmu, které způsobují značnou časovou náročnost navrženého řešení. Byly proto navrženy nové efektivní metody, které velmi výrazně snižují časovou náročnost celého verifikačního procesu a zvyšují tak použitelnost formální verifikace pravděpodobnostních modelů v praxi.

Navržené metody byly implementovány v nástroji ProbDiVinE-MC, který je v současnosti jediný dostupný nástroj pro kvalitativní i kvantitativní verifikaci vlastností lineární temporální logiky pravděpodobnostních modelů pracující v prostředí se sdílenou pamětí.

### Charakteristika dosažených výsledků z hlediska projektu

V rámci projektu byla dokončena implementace nástroje pro kvalitativní verifikaci pracující v prostředí s distribuovanou pamětí. Dále byla vytvořena sada modelů, které byly použity k experimentálnímu vyhodnocení vyvinutého nástroje.

V oblasti kvantitativní verifikace byly prozkoumány existující sekvenční techniky. Vhodné techniky byly implementovány v prostředí s distribuovanou pamětí. Nad rámec stanovených cílů projektu byly tyto techniky implementovány i v prostředí se sdílenou pamětí, jelikož vícejadrové architektury se v posledních letech stávají populární díky své výpočetní síle a vzrůstající dostupnosti.

Dále bylo vytvořeno několik případových studií, které byly použity pro experimentální vyhodnocení metod kvantitativní verifikace. Tyto experimenty ukázaly, že některé části algoritmu hrají klíčovou roli v časové náročnosti navrhovaného řešení. Byly proto vyvinuty a implementovány nové metody,

kteře vedou k výraznému zrychlení původního řešení. Experimentální výsledky ukázaly, že čas verifikace se v mnoha případech redukuje z několika dní na několik minut.

Projekt se skládal z několika dílčích cílů, které byly postupně plněny podle časového harmonogramu. Řešení projektu a dosažené výsledky splnily stanovené cíle projektu. Dosažené výsledky představují cenné poznatky v oblasti verifikace pravděpodobnostních systémů a byly publikovány na uznávaných mezinárodních konferencích. Projekt přispěl k prohloubení mezinárodní spolupráce a vedl řešitele k týmové vědecké a výzkumné činnosti. Rovněž přispěl k zájmu řešitele o doktorské studiu.

### Účast na odborných akcích v porovnání s plánem

Účast na mezinárodní konferenci QEST 2007, Edinburg Velká Británie, 16.9 – 19.9 2007.

Přednáška na konferenci a prezentace nástroje.

Účast na této konferenci byla upřednostněna před zamýšlenou účastí na konferenci ETAPS/TACAS 2008, jelikož byla tématicky vhodnější a rovněž patří mezi významné mezinárodní konference.

Zamýšlená aktivní účast na domácí konferenci MEMICS 2007 se neuskutečnila, jelikož dosažené výsledky jsou natolik kvalitní, že budou prezentovány na mezinárodních konferencích (QEST 2008, FMICS 2008).

### Čerpání finančních prostředků (uvádět v tisících Kč na jedno desetinné místo)

|    | položka                          | přiděleno | čerpání |
|----|----------------------------------|-----------|---------|
| 1  | Odměna řešitele                  | 5         | 5       |
| 2  | Odměna garanta                   | 6         | 6       |
| 3  | Odměny pro spolupracovníky       | 0         | 0       |
| 4  | Zákonné odvody                   | 4         | 3,9     |
| 5  | Sociální fond                    | 0,2       | 0,1     |
| 6  | Dohody o provedení práce         | 0         | 0       |
| 7  | Stipendium pro řešitele          | 13        | 13      |
| 8  | Cestovné                         | 27,6      | 30,4    |
| 9  | Studijní literatura              | 5         | 2,4     |
| 10 | Drobný hmotný a nehmotný majetek | 0         | 0       |
| 11 | Materiál                         | 0         | 0       |
| 12 | Služby                           | 0         | 0       |
| 13 | <b>Celkem</b>                    | 60,8      | 60,8    |

### Zdůvodnění rozdílů v plánovaném čerpání finančních prostředků

Náklady na aktivní účast na mezinárodní konferenci QEST 2007 poněkud převýšily plánované finance. Proto část potřebných financí na cestovné byla po schválení oddělení VaV přesunuta z prostředků na literaturu a zbytek byl zaplacen z jiných zdrojů garanta projektu. Studijní literaturu bylo možno také financovat z jiných zdrojů garanta projektu.

Datum: 31.5.2008