

Překladače (10. přednáška)

Jan Hubička

Katedra aplikované matematiky
Univerzita Karlova
Praha

26. května 2020

Profile feedback

1 BB profile

Profile feedback

- ① BB profile
- ② Edge profile

Profile feedback

- ① BB profile
- ② Edge profile
- ③ Path profile

Profile feedback

- 1 BB profile
- 2 Edge profile
- 3 Path profile
- 4 Value profile

Auto-FDO

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné
- 5 Opcode nonequal: Hodnoty jsou většinou různé

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné
- 5 Opcode nonequal: Hodnoty jsou většinou různé
- 6 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné
- 5 Opcode nonequal: Hodnoty jsou většinou různé
- 6 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true
- 7 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné
- 5 Opcode nonequal: Hodnoty jsou většinou různé
- 6 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true
- 7 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true
- 8 goto: podmínky rozhodující o provedení goto jsou většinou false

Static profile estimation

- 1 Odhadnutí pravděpodobností hran pomocí heuristik (Ball, Larus: Branch prediction for free 1993)
- 2 Sloučení násobných heuristik podle first match nebo Dempster-Shafer theory: $\frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + (1 - p_1)(1 - p_2)}$
- 3 Propagace profilu (Wu, Larus: Static Branch Frequency and Program Profile Analysis)

Heuristiky:

- 1 Loop: Smyčky se točí (a pokud vím kolikrát o to lépe)
- 2 Continue: Smyčky uzavřené pomocí continue mívají menší počet iterací než ostatní
- 3 Pointer: Ukazatele nebývají NULL
- 4 Opcode positive: Hodnoty jsou většinou kladné
- 5 Opcode nonequal: Hodnoty jsou většinou různé
- 6 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true
- 7 loop header: Duplikované hlavičky smyček jsou většinou true
- 8 goto: podmínky rozhodující o provedení goto jsou většinou false
- 9 return: Záporné hodnoty jsou často chybové stavy. NULL se většinou nevrací. Konstatní návratové hodnoty jsou méně časté než nekonstatní

Static profile estimation (SPEC2000)

HEURISTICS	BRANCHES	(REL)	HITRATE	COVERAGE	(REL)
combined	12643	100.0%	74.78%/ 92.52%	7203748247	100.0%
DS theory	8101	64.1%	80.11%/ 94.05%	3453275146	47.9%
call	4143	32.8%	82.65%/ 96.30%	2130740141	29.6%
first match	1370	10.8%	82.45%/ 90.29%	1904508787	26.4%
no prediction	3172	25.1%	56.89%/ 91.95%	1845964314	25.6%
loop branch	556	4.4%	88.11%/ 89.99%	1379795296	19.1%
opcode values positive	429	3.4%	88.34%/ 89.09%	304001983	4.2%
opcode values nonequal	3034	24.0%	66.94%/ 90.08%	811368857	11.3%
loop header	954	7.5%	79.77%/ 93.88%	410490743	5.7%
loop exit	812	6.4%	67.56%/ 91.09%	524736878	7.3%
pointer	1242	9.8%	93.06%/ 98.11%	587903278	8.2%
early return	117	0.9%	90.55%/ 94.79%	33862048	0.5%
goto	170	1.3%	79.02%/ 94.22%	19885611	0.3%
nil return	95	0.8%	96.44%/ 99.63%	37988786	0.5%
continue	94	0.7%	9.38%/ 90.67%	17406599	0.2%
negative return	194	1.5%	99.97%/ 99.99%	6983805	0.1%
const return	144	1.1%	80.19%/ 93.11%	6485456	0.1%
loop iterations	20	0.2%	98.60%/ 98.60%	12201	0.0%
noreturn call	8	0.1%	100.00%/100.00%	9	0.0%

Static profile estimation (SPEC2006)

HEURISTICS	BRANCHES	(REL)	HITRATE		COVERAGE	COVERAGE	(REL)
combined	53398	100.0%	70.31% / 80.36%		989164856862	989.16G	100.0%
first match	16607	31.1%	78.00% / 78.42%		702435244516	702.44G	71.0%
loop iterations	2689	5.0%	67.99% / 67.99%		408309517405	408.31G	41.3%
loop exit	9909	18.6%	91.80% / 92.81%		282927773783	282.93G	28.6%
DS theory	26385	49.4%	68.62% / 85.44%		146974369890	146.97G	14.9%
no prediction	10406	19.5%	33.41% / 84.76%		139755242456	139.76G	14.1%
early return (on trees)	6328	11.9%	54.20% / 86.48%		33569991740	33.57G	3.4%
opcode values positive	4266	8.0%	64.30% / 91.28%		16931889792	16.93G	1.7%
opcode values nonequal	6600	12.4%	66.23% / 80.60%		71483051282	71.48G	7.2%
continue	507	0.9%	66.66% / 82.85%		10086808016	10.09G	1.0%
call	11351	21.3%	67.16% / 92.24%		34680666103	34.68G	3.5%
pointer (on trees)	6230	11.7%	69.59% / 87.18%		16667735314	16.67G	1.7%
null return	393	0.7%	91.47% / 93.08%		3268678197	3.27G	0.3%
guess loop iv compare	178	0.3%	97.81% / 97.85%		4375086453	4.38G	0.4%
negative return	277	0.5%	97.94% / 99.23%		1062119028	1.06G	0.1%
noreturn call	2372	4.4%	100.00% / 100.00%		8356562323	8.36G	0.8%
guessed loop iterations	112	0.2%	62.06% / 64.49%		958458522	958.46M	0.1%
const return	271	0.5%	69.39% / 87.09%		301566712	301.57M	0.0%
overflow	1282	2.4%	100.00% / 100.00%		175074177	175.07M	0.0%
zero-sized array	677	1.3%	100.00% / 100.00%		112723803	112.72M	0.0%
unconditional jump	103	0.2%	100.00% / 100.00%		491001	491.00K	0.0%
fail alloc	595	1.1%	62.18% / 100.00%		595	595.00	0.0%

Generování kódu

- 1 Výběr instrukcí
- 2 Sheduling
- 3 Alokace registrů
- 4 Generování prologů/epilogů, shrink-wrapping
- 5 Peephole
- 6 Produkce assembleru

Výběr instrukcí

- 1 Vytvoření DAGu kde vrcholy jsou operace, registry a konstanty a hrany závislosti (datové i control flow)

Výběr instrukcí

- 1 Vytvoření DAGu kde vrcholy jsou operace, registry a konstanty a hrany závislosti (datové i control flow)
- 2 Pokrytí DAGu pomocí instrukcí podle machine description

Scheduling

- 1 Vytvoření DAGu kde vrcholy jsou instrukce a hrany závislosti (včetně těch podle alias analýzy)

Scheduling

- 1 Vytvoření DAGu kde vrcholy jsou instrukce a hrany závislosti (včetně těch podle alias analýzy)
- 2 Určení priorit instrukcí podle součtu latencí po nejdelší cestě v DAGu do cíle

Scheduling

- 1 Vytvoření DAGu kde vrcholy jsou instrukce a hrany závislosti (včetně těch podle alias analýzy)
- 2 Určení priorit instrukcí podle součtu latencí po nejdelší cestě v DAGu do cíle
- 3 Simulace instrukční fronty procesoru a poskládání instrukcí za sebe s cílem minimalizovat celkový čas

Alokace registrů

- 1 Výpočet grafu kolizí mezi pseudoregistry

Alokace registrů

- 1 Výpočet grafu kolizí mezi pseudoregistry
- 2 Alokace registrů

Alokace registrů

- 1 Výpočet grafu kolizí mezi pseudoregistry
- 2 Alokace registrů
- 3 Vkládání spill a fill instrukcí, rematerializace

Alokace registrů

- 1 Výpočet grafu kolizí mezi pseudoregistry
- 2 Alokace registrů
- 3 Vkládání spill a fill instrukcí, rematerializace
- 4 Přepis instrukcí na harwarové registry

Vkládání prologů a epilogů

Peephole