

Vliv formátu uložení řídké matice na výkonnost násobení řídkých matic

Tomáš Nesrovnal

Fakulta informačních technologií
České vysoké učení technické v Praze
Obor: Teoretická informatika
Vedoucí práce: Ing. Ivan Šimeček, Ph.D.

23. června 2014

Vliv formátu uložení řídké matice na výkonnost násobení řídkých matic

- ▶ Nastudujte formáty uložení řídkých matic COO, CSR, BSR, Quadtree a algoritmy pro násobení matic v těchto formátech.
- ▶ Navrhněte modifikaci formátu Quadtree snížením výšky stromu, listy budou tvořeny podmaticemi ve formátu husté matice nebo ve formátech COO, CSR, BSR.
- ▶ V jazyce C implementujte algoritmy násobení matice vektorem a matice maticí ve formátech COO, CSR, BSR, Quadtree, modifikovaný formát Quadtree.
- ▶ Odvod'te jejich časové a paměťové složitosti, porovnejte tyto teoretické předpoklady s výkonností a paměťovými nároky jednotlivých implementací.

Formáty řídkých matic

- ▶ COO – uložení prvků
- ▶ CSR – uložení řídkých řádků
- ▶ BSR – uložení hustých bloků v řídkých řádcích
- ▶ Quadtree – uložení bloků jako matice do listů kvadrantového stromu

Formát: k-ární strom

Nový formát

- ▶ Zobecnění Quadtree na k-ární strom
- ▶ Listy tvořeny hustou, nebo CSR maticí
- ▶ Použit 2^2 -ární, 4^2 -ární a 8^2 -ární strom

Formát: k-ární strom

Výhody

- ▶ Snížení výšky stromu – menší počet dereferencí ukazatelů
- ▶ Rozdělení bloků na husté a řídké

Nevýhody

- ▶ Náročnější implementace – protože násobení matic není komutativní, je pro násobení hustých a řídkých bloků spolu s vektorem potřeba celkem 6 (obecně $n * (n - 1)$) funkcí
- ▶ Paměťové nároky na strukturu stromu

Formát: k-ární strom

Implementace

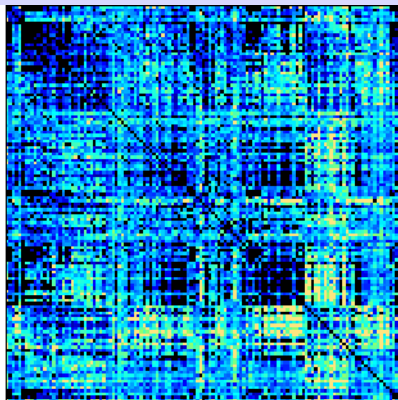
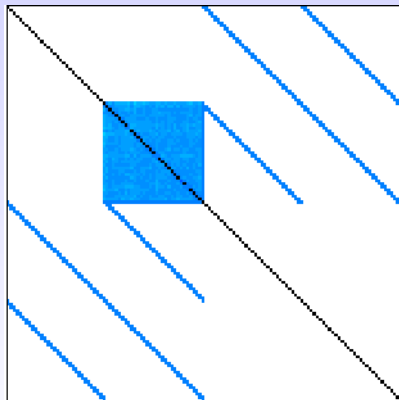
- ▶ Jazyky C99, BASH
- ▶ Dvou-průchodové načítání matice (cachování bloků)
- ▶ V uzlech stromu pouze ukazatele do velkých polí

Testování

- ▶ Funkčnost implementace byla otestována na mezních hodnotách, hustých maticích a maticemi z kolekce
- ▶ Matice vynásobeny algoritmem pro husté matice i algoritmy pro řídké formáty a výsledky s tolerancí porovnány

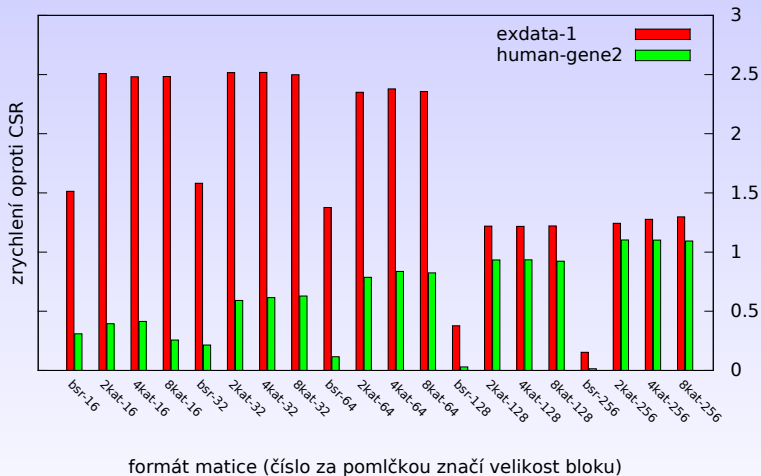
Výběr z testovacích matic

Název matice	Velikost	Nenulových prvků	Oblast
exdata_1	6001	$2.269500 \cdot 10^6$	optimalizace
human-gene2	14340	$1.8068388 \cdot 10^7$	graf

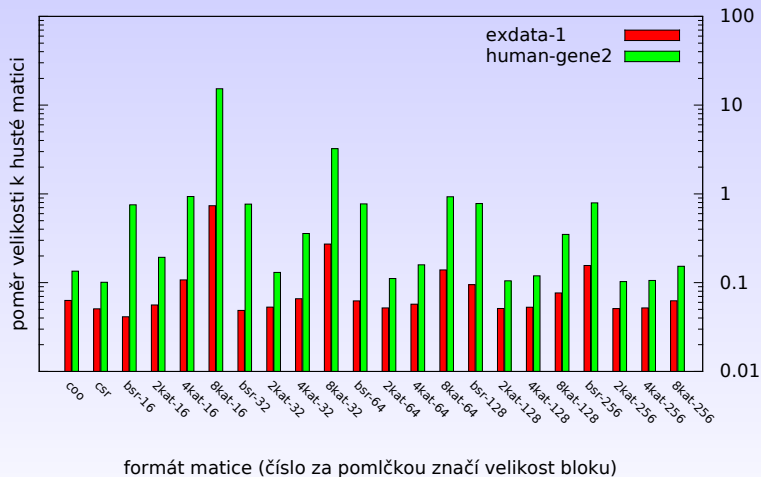


Obrázek : exdata_1, human_gene2

Měření: násobení matice maticí



Měření: velikost struktur



Vliv formátu uložení řídké matice na výkonnost násobení řídkých matic

- ✓ Nastudujte formáty uložení řídkých matic COO, CSR, BSR, Quadtree a algoritmy pro násobení matic v těchto formátech.
- ✓ Navrhněte modifikaci formátu Quadtree snížením výšky stromu, listy budou tvořeny podmaticemi ve formátu husté matice nebo ve formátech COO, CSR, BSR.
- ✓ V jazyce C implementujte algoritmy násobení matice vektorem a matice maticí ve formátech COO, CSR, BSR, Quadtree, modifikovaný formát Quadtree.
- ✓ Odvod'te jejich časové a paměťové složitosti, porovnejte tyto teoretické předpoklady s výkonností a paměťovými nároky jednotlivých implementací.

Otázky: oponent (1/3)

- ▶ Jakým způsobem byl měřen výpočetní čas při provádění experimentů?
- ▶ Byla do něj započítána i doba načítání matic?
- ▶ Jak byl proveden výpočet zrychlení oproti baseline formátu?
- ▶ Výpočetní čas byl měřen pomocí funkce `omp_get_wtime()` z knihovny OpenMP.
- ▶ Doba načítání matic (načítání ze souboru a převod do formátu) započítána nebyla.



$$speedup = \frac{mul_time_baseline_format}{mul_time_format}$$

Otázky: oponent (2/3)

- ▶ Byla měření prováděna opakovaně a byly výsledky průměrovány, anebo se jednalo o jednorázová měření?
- ▶ Násobení matice maticí provedeno jednou.
- ▶ Násobení matice vektorem provedeno stokrát, časy byly sečteny, neprůměrovány.

Otázky: oponent (3/3)

- ▶ Veškeré experimenty jsou provedeny pouze na čtvercových maticích. Podporuje Vaše implementace i obecné, obdélníkové matice?
- ▶ Implementace s maticemi typu (m, n) pracuje jako s maticemi typu $(\max(m, n), \max(m, n))$.
- ▶ Formát Quadtree a k-ární strom jsou ze své podstaty obdélníkové matice.

Otázky: vedoucí (1/1)

- ▶ Proč byla zvolena tak velká hodnota parametru pro formát BSR?
- ▶ Měření byla provedena pro všechny blokové formáty pro velikosti bloků 2^k , $k \in \{1, 2, 3, \dots, 8\}$.
- ▶ Násobení matice maticí ve formátu BSR obsahuje šest for cyklů. Velikosti bloků 2, 4 a 8 jsou tak malé, že měření ukázala velmi slabý výkon. Z tohoto důvodu nebyla tato měření součástí grafů.