

# 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

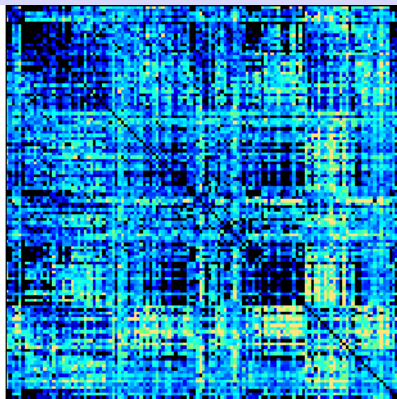
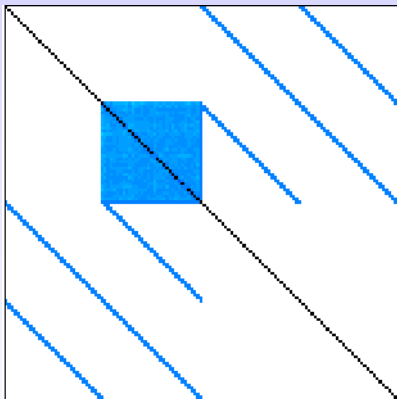
- ▶ Jazyky C99, BASH
- ▶ Dvou-průchodové načítání matice (cachování bloků)
- ▶ V uzlech stromu pouze ukazatele do velkých polí

## 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

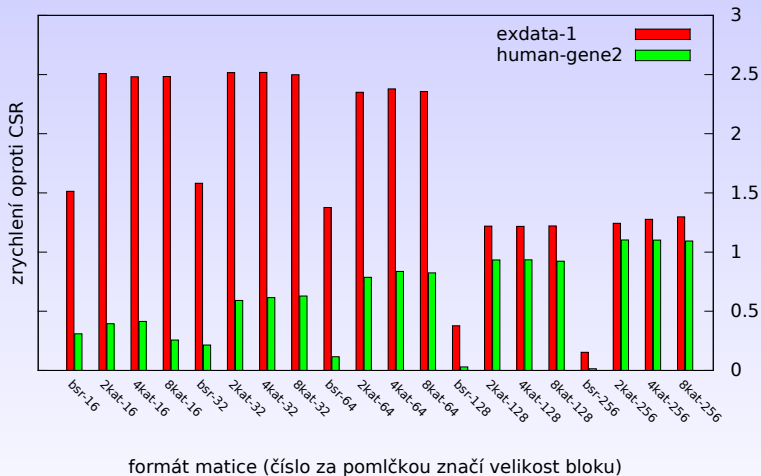
# Výběr z testovacích matic

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





## 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 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.