

Využití GPGPU pro zpracování dat z magnetické rezonance

Vítězslav Žabka

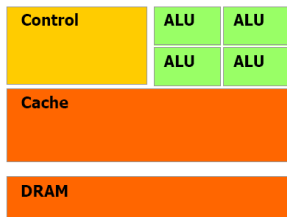
Katedra matematiky, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská,
České vysoké učení technické v Praze

Bakalářská práce
2007/2008

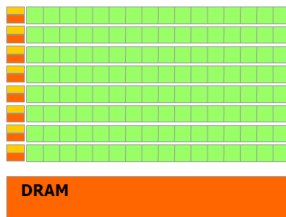
- Zpracování dat z magnetické rezonance — segmentace obrazu
 - Dělení obrazu do částí korespondujících s objekty v obrazu
 - Detekce srdeční komory na MRI snímcích
- General-purpose computing on graphics processing units
 - Obecné výpočty na grafických kartách PC
 - Alternativa k výpočtům na procesorech (CPU)
 - Urychlení numerických výpočtů

Proč GPGPU?

	CPU C2E QX9770	GPU Radeon 3870 X2	GPU GeForce 9800 GX2
Tranzistory	820 milionů	1332 miliony	1508 milionů
Jádra	4	640	256
Výkon	51,2 GFLOPS	1000 GFLOPS	1100 GFLOPS
Propustnost	25,6 GB/s	115,2 GB/s	128 GB/s



CPU



GPU

- Compute unified device architecture — unifikovaná architektura pro provádění výpočtů na GPU
- Jednodušší na použití a univerzálnější než dřívější GPGPU techniky
- Minimální rozšíření jazyka C
- Grafický procesor:
 - Vysoce paralelní koprocessor k CPU
 - Zpracovává velký počet vláken zároveň
 - Vlákná mohou navzájem spolupracovat a sdílet data díky sdílené paměti na GPU

- Zápis na libovolné adresy paměti GPU
 - Celočíselné a bitové operace
 - Široká podpora grafických karet, nezávislost na konkrétním modelu
 - Prakticky všechny novější karty od NVIDIA (přes 50 milionů)
 - Použitelná pod většinou operačních systémů
 - Windows XP, Windows Vista, Linux, Mac OS
 - Lze efektivně mapovat na vícejádrová CPU
-
- Odchytky od standardu aritmetiky v plovoucí řádové čárce
 - Výpočty s jednoduchou přesností (32bitový float)
 - Ale právě nastupující GPU zvládají už i dvojitou přesnost
 - Omezené možnosti ladění kódu

Segmentace obrazu — metoda fázového pole

- Modifikovaná Allenova-Cahnova rovnice pro funkci

$p = p(t, x)$ na $(0, T) \times \Omega$:

$$\xi \frac{\partial p}{\partial t} = \xi \nabla \cdot \left(g(|\nabla G_\sigma * P_0|) \nabla p \right) + g(|\nabla G_\sigma * P_0|) \left(\frac{1}{\xi} f_0(p) + \xi F |\nabla p| \right),$$

$$p|_{\partial\Omega} = 0 \quad \text{na } (0, T) \times \partial\Omega,$$

$$p|_{t=0} = p_{\text{ini}} \quad \text{na } \overline{\Omega}$$

$\Omega \subset \mathbb{R}^2$ oblast, $f_0(p) = p(1-p)(p-0,5)$,

$\nabla G_\sigma * P_0$ konvoluce Gaussova jádra a vstupního obrazu,

$g(s) = \frac{1}{1 + \lambda s^2}$ tzv. Peronova-Malikova funkce,

$\xi > 0$, $\lambda > 0$, $F = F(x)$ parametry, p_{ini} počáteční odhad

segmentační křivka: $\Gamma(t) \equiv p(t) = \frac{1}{2}$

$$\xi \frac{\partial p}{\partial t} = \xi \nabla \cdot \left(g(|\nabla G_\sigma * P_0|) \nabla p \right) + g(|\nabla G_\sigma * P_0|) \left(\frac{1}{\xi} f_0(p) + \xi F |\nabla p| \right)$$

segmentační křivka: $\Gamma(t) \equiv p(t) = \frac{1}{2}$

- Chování segmentační křivky pro $g \equiv 0$ a $\xi \rightarrow 0_+$:

$$\underbrace{\xi \frac{\partial p}{\partial t}}_{\downarrow v_\Gamma} = \underbrace{\xi \nabla \cdot (\nabla p) + \frac{1}{\xi} f_0(p)}_{\downarrow -\kappa_\Gamma} + \underbrace{\xi F |\nabla p|}_{\downarrow F}$$

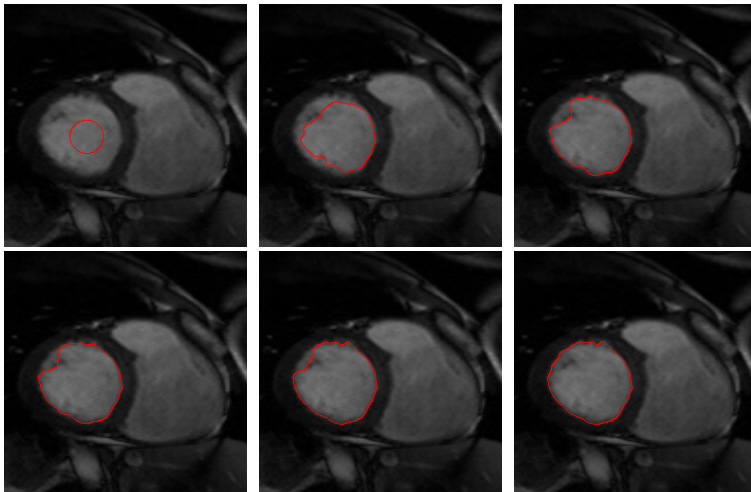
$\Gamma \subset \mathbb{R}^2$ uzavřená křivka,

v_Γ normálová rychlost ($v_\Gamma > 0$ rozpínání, $v_\Gamma < 0$ smršťování),

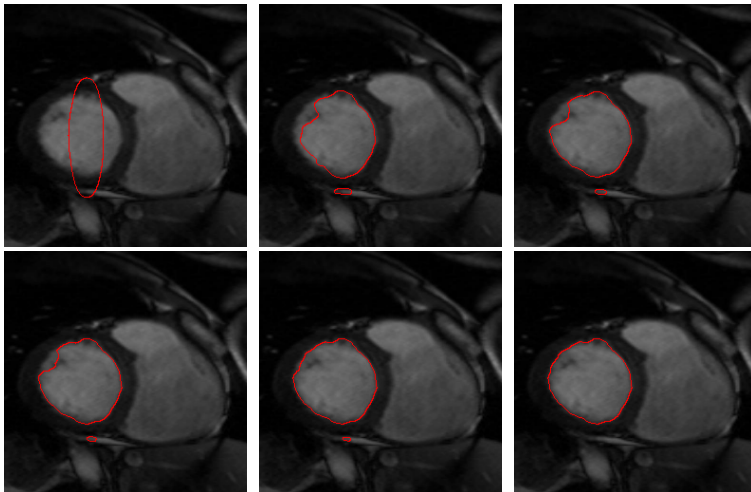
κ_Γ křivost,

F vnější síla ($F < 0$ urychlí smršťování, $F > 0$ zpomalí nebo obrátí)

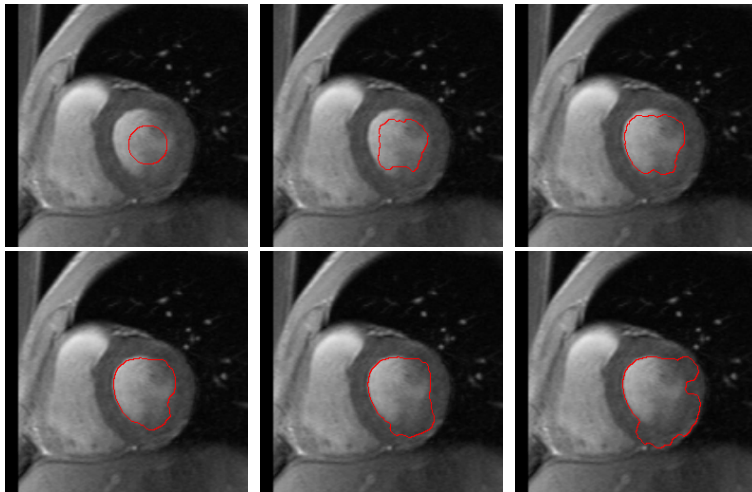
Výsledky — $F > 0$ konstantní



Výsledky — nekonstantní F



Výsledky — neúspěšná segmentace



Porovnání rychlosti na CPU a GPU — parametry

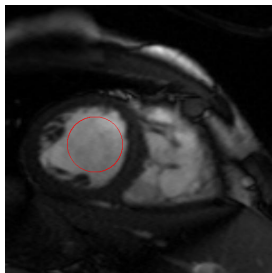
CPU — Intel Core 2 Duo E6550

Počet jader	2
Frekvence	2333 MHz
Velikost L2 cache	4 MB
Propustnost paměti RAM	12,8 GB/s

GPU — NVIDIA GeForce 8800 GT

Počet stream procesorů	112
Frekvence	1620 MHz
Velikost paměti	512 MB
Propustnost paměti	60,8 GB/s

Porovnání rychlosti na CPU a GPU — výsledky



	Rozměry	CPU	GPU	Urychlení
1. obraz	256 × 256	33000 ms	2943 ms	11,2×
	512 × 512	608350 ms	40540 ms	15,0×
	1024 × 1024	9753300 ms	629300 ms	15,5×
2. obraz	256 × 256	16200 ms	1497 ms	10,8×
	512 × 512	339000 ms	20040 ms	16,9×
	1024 × 1024	6028800 ms	312600 ms	19,3×

- Model fázového pole přináší požadované výsledky v segmentaci obrazu
- Využitím technologie CUDA lze významně urychlit numerické výpočty na PC
 - 10–20násobné urychlení v našem případě
 - I více než 100násobné urychlení v jiných aplikacích
- Má smysl se GPGPU dále zabývat