

Nemlineáris optimalizálási problémák párhuzamos megoldása grafikus processzorok felhasználásával

Sipos Ágoston¹

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Informatikai Kar

Kari TDK, 2016. 05. 10.

Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- GPU programozás
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaillesztés

Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- GPU programozás
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

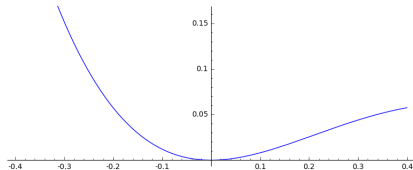
- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaiillesztés



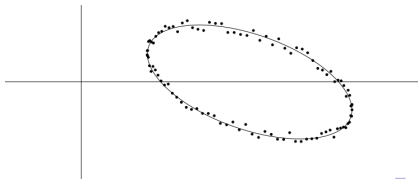
Numerikus optimalizálás

Optimalizálási feladatok

- $\arg \min_{\underline{x}} f(\underline{x})$



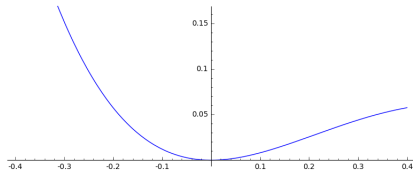
- Illesztések



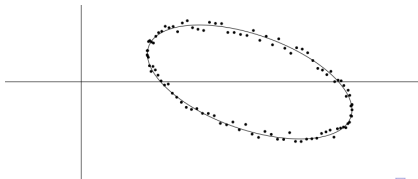
Numerikus optimalizálás

Optimalizálási feladatok

- $\arg \min_{\underline{x}} f(\underline{x})$



- Illesztések



Numerikus optimalizálás

Automatikus differenciálás

Automatikus differenciálás

- Duális számokat használ
- Pontos
- Csak explicit módon megadható, elemi függvényekre használható

Numerikus differenciálás

- Véges differenciákat használ
- Gyors, de numerikusan pontatlan
- Bármilyen kiértékelhető függvényre alkalmazható



Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- **GPU programozás**
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaiillesztés



GPU programozás

- Eredetileg grafikai számítások elvégzésére
- Párhuzamosítottságot támogat
- Nagy számítási kapacitás kiaknázható



- Számítógépes látásban sok ezer adatpont → jó a párhuzamosítás



GPU programozás

- Eredetileg grafikai számítások elvégzésére
- Párhuzamosítottságot támogat
- Nagy számítási kapacitás kiaknázható



- Számítógépes látásban sok ezer adatpont → jó a párhuzamosítás



Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- GPU programozás
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

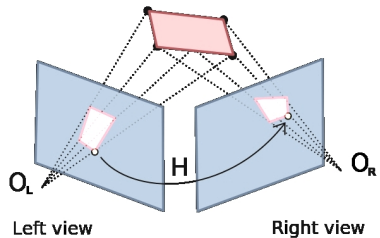
- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaiillesztés



Alkalmazások

Számítógépes látás

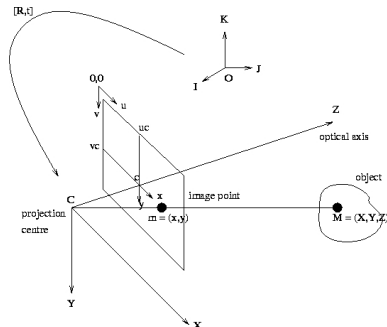
- Síkhomográfia
- Kamerakalibráció



Alkalmazások

Számítógépes látás

- Síkhomográfia
- Kamerakalibráció



Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- GPU programozás
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaiillesztés



Google Ceres

- Jelenleg a legkorszerűbb numerikus optimalizációs rendszer

Nyílt forrású, C++ template könyvtár
Automatikus differenciálást is használ



Google Ceres

- Jelenleg a legkorszerűbb numerikus optimalizációs rendszer

Nyílt forrású, C++ template könyvtár
Automatikus differenciálást is használ



Tartalom

- 1 Motiváció
 - Numerikus optimalizálás
 - GPU programozás
 - Alkalmazások
 - Google Ceres
- 2 Eredmények
 - Megvalósítás
 - Elemzés
 - Homográfiaillesztés



Duális számok

- Komplex számokhoz hasonló algebrai struktúra
 - $(a, b) \cdot (c, d) = (a \cdot c, b \cdot c + a \cdot d)$
- C++ template osztállyal jól kezelhető
- Pontos deriváltkiértékelésre alkalmas (automatikus deriválás)



Duális számok

- Komplex számokhoz hasonló algebrai struktúra
 - $(a, b) \cdot (c, d) = (a \cdot c, b \cdot c + a \cdot d)$
- C++ template osztállyal jól kezelhető
- Pontos deriváltkiértékelésre alkalmas (automatikus deriválás)



Duális számok

- Komplex számokhoz hasonló algebrai struktúra
 - $(a, b) \cdot (c, d) = (a \cdot c, b \cdot c + a \cdot d)$
- C++ template osztállyal jól kezelhető
- Pontos deriváltkiértékelésre alkalmas (automatikus deriválás)



Kódgenerálás

- Matematikai függvények ($\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$) kódjainak generálására
- Duális számok segítségével *deriváltak* kódját is elkészíti



Kódgenerálás

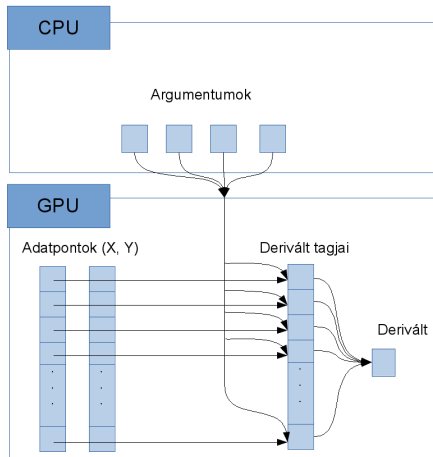
- Matematikai függvények ($\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$) kódjainak generálására
- Duális számok segítségével *deriváltak* kódját is elkészíti



Deriváltkiértékelés

SIMD paradigma használatával

$$\sum_{i=0}^n f_i(\mathbf{p}, \mathbf{x}_i)$$



Algoritmusok

Numerikus optimalizálás

- Gradiens módszer
- Gauss-Newton módszer
- Levenberg-Marquardt módszer



Algoritmusok

Numerikus optimalizálás

- Gradiens módszer
- Gauss-Newton módszer
- Levenberg-Marquardt módszer



Algoritmusok

Numerikus optimalizálás

- Gradiens módszer
- Gauss-Newton módszer
- Levenberg-Marquardt módszer



Tartalom

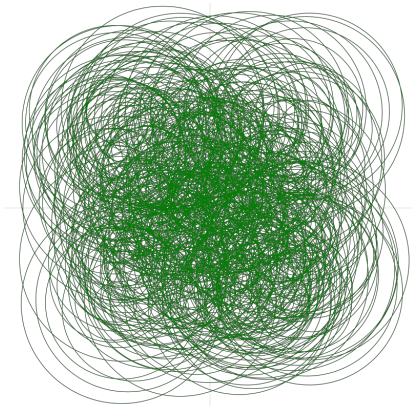
- 1 Motiváció
 - Numerikus optimalizálás
 - GPU programozás
 - Alkalmazások
 - Google Ceres
- 2 Eredmények
 - Megvalósítás
 - Elemzés
 - Homográfiaiillesztés



Konvergencia

Körillesztés

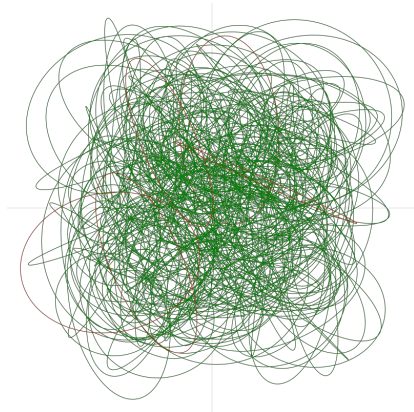
A körillesztés - generált kezdőkörökre - mindig konvergált.



Konvergencia

Ellipszisillesztés

Az ellipszisillesztés - kevés kivételtől eltekintve - konvergált.



Hatékonyság

Az OpenCL lehetővé teszi a hardverválasztást.

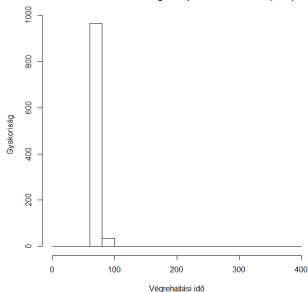
- CPU-n futtatott tesztek
- GPU-n futtatott tesztek

} → összehasonlíthatók

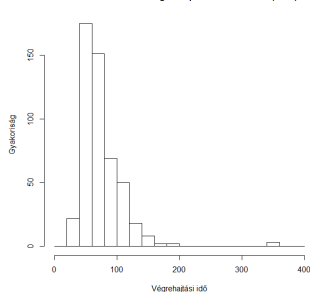


Hatékonyság Körillesztés

Körillesztés Levenberg-Marquardt módszerrel (CPU)



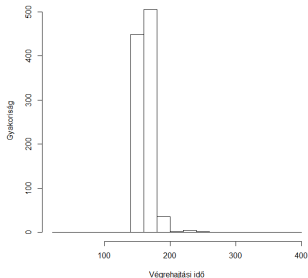
Körillesztés Levenberg-Marquardt módszerrel (GPU)



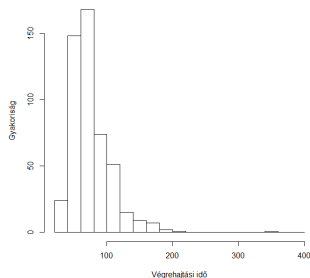
Hatékonyság

Ellipszisillesztés

Ellipszisillesztés Levenberg-Marquardt módszerrel (CPU)



Ellipszisillesztés Levenberg-Marquardt módszerrel (GPU)



Tartalom

1 Motiváció

- Numerikus optimalizálás
- GPU programozás
- Alkalmazások
- Google Ceres

2 Eredmények

- Megvalósítás
- Elemzés
- Homográfiaillesztés



Homográfiaiillesztés



Összefoglalás

- Egy **OpenCL alapú** numerikus optimalizálási rendszer.
- Többféle **(illesztési és számítógépes látási) problémán** validálva.
- Kitekintés
 - További feladatok megoldása.
 - Hatékonyság további javítása.





Irodalom (kivonat)



Jeffrey A. Fike, Juan J. Alonso.

The Development of Hyper-Dual Numbers for Exact Second Derivative Calculations.
2011.



John E. Stone, David Gohara, Guochun Shi.

OpenCL: A Parallel Programming Standard for Heterogeneous Computing Systems.
2010.



Sameer Agarwal, Keir Mierle and Others.

Ceres Solver.

<http://ceres-solver.org>



Vége

Köszönöm a figyelmet!

