

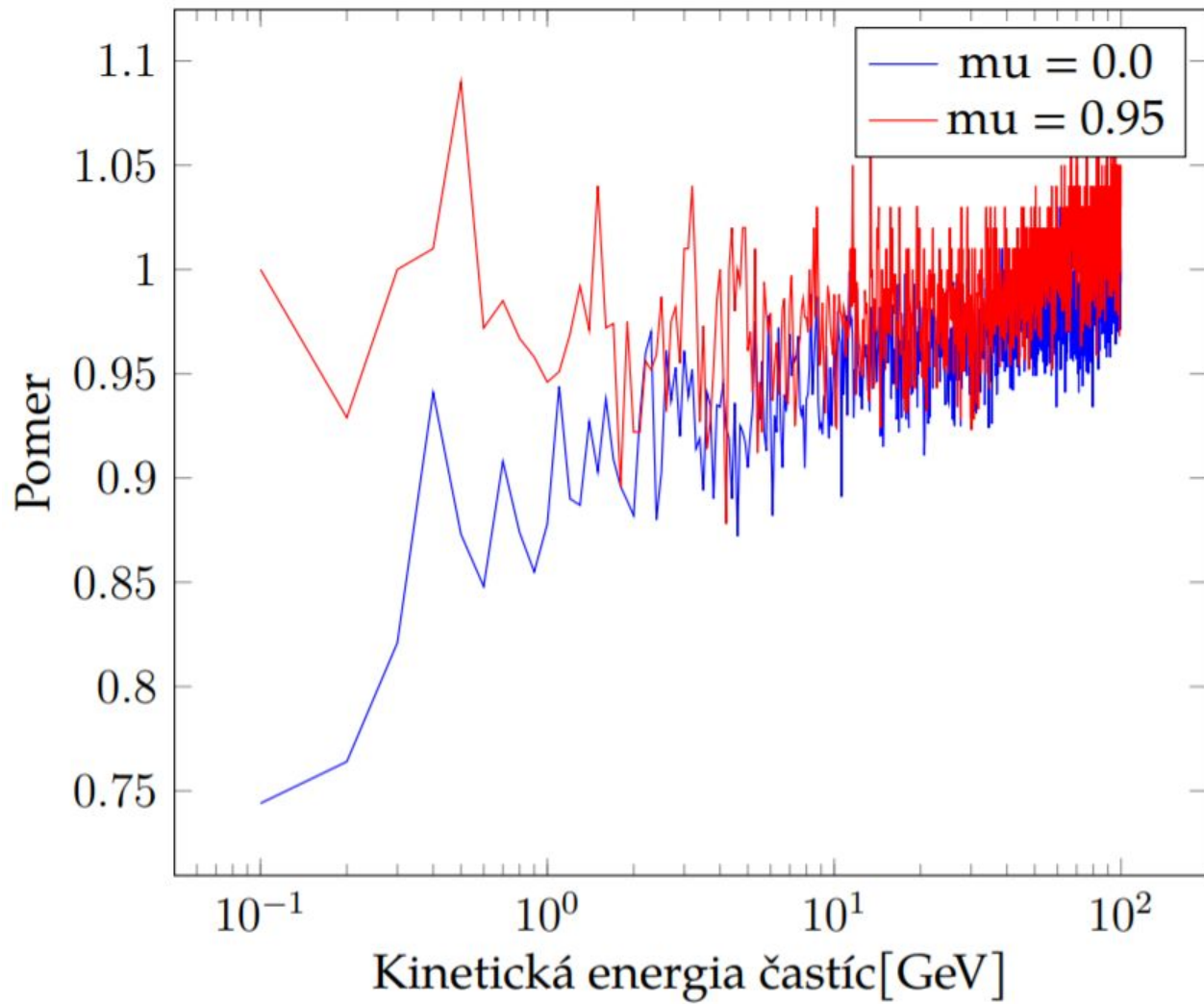
# Paralelizácia a distribúcia výpočtov simulácii kozmického žiarenia v heliosfére

---

Michal Solanik

# Simulácie distribúcie kozmického žiarenia v heliosfére

- Monte Carlo
- 1D modely
  - Forward
    - Simulácia v čase napred, maximálne N výstupov zo simulácie
    - 323.82 minút referenčný vykonávací čas na multiprocesorovom systéme pre 10 mld simulácií
  - Backward
    - Simulácia v čase vzad, maximálne 1 výstup zo simulácie
    - 639.36 minút referenčný vykonávací čas na multiprocesorovom systéme pre 10 mld simulácií
- 2D modely
  - Typovo rovnaké, výpočtovo oveľa zložitejšie



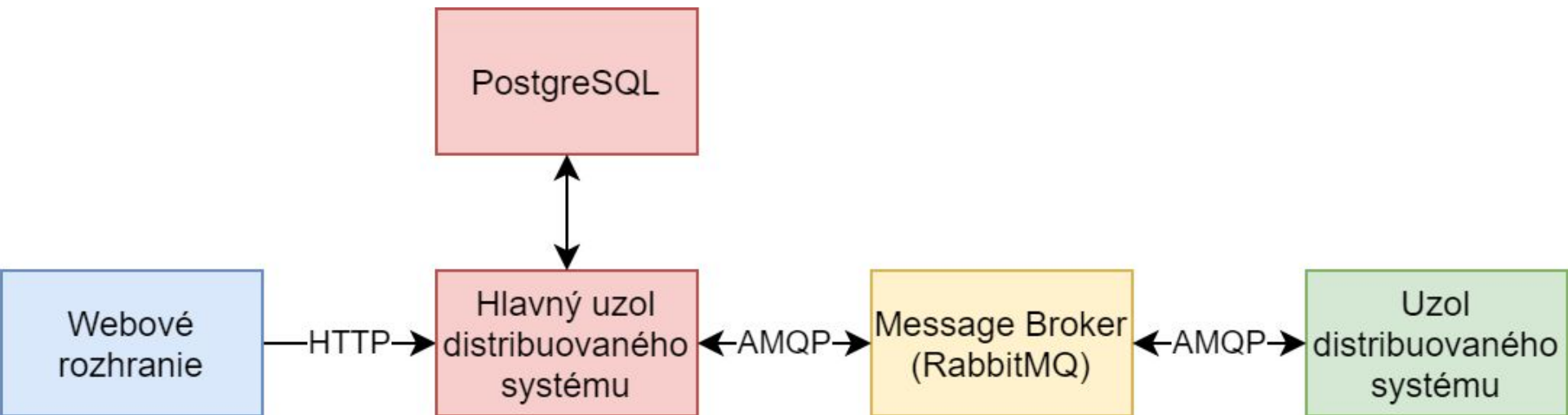
# Paralelizácia na GPU

- Modely majú výhodnú štruktúru pre výpočty na GPU
- Dekompozícia výpočtu na jednotlivé nekonfliktné časti
- Prísna optimalizácia na využívanie rýchlych pamätí
- Dosiahnuté zrýchlenie na GTX1080 TI:
  - 1D F-p model - 7.71-násobné zrýchlenie
  - 1D B-p model - 86.34 - 183.47-násobné zrýchlenie
  - 2D F-T model - 9.83-násobné zrýchlenie
  - 2D F-p model - 11.69-násobné zrýchlenie
  - 2D B-p model - 82.29 - 473.46-násobné zrýchlenie
- Problémy - znížená presnosť pri istých vstupných parametroch pri forward modeloch

# Distribúcia výpočtov simulácii kozmického žiarenia v heliosfére

- Úspešnosť paralelizácie na GPU dala impulz k vytvoreniu väčšieho systému
- Využívanie viacerých GPU na výpočty naraz
- Problémy:
  - Distribúcia simulácii medzi jednotlivé uzly distribuovaného systému
  - Synchronizácia výsledkov
  - Zabezpečenie systému

# Architektúra distribuovaného systému



# Distribúcia výpočtov

- Využitie dopredu určenej distribúcie
  - Inicializácia výpočtu trvá cca 4-5 minút na GTX1080TI
  - Berieme v úvahu teoretický výkon GPU, využitie GPU pri hlavnej simulácii a priepustnosť pamäte

$$Výkon = GPU_{TFLOPS} * GPU_{Využitie} * GPU_{PriepustnosťPamäte}$$

# Testovanie distribuovaného systému

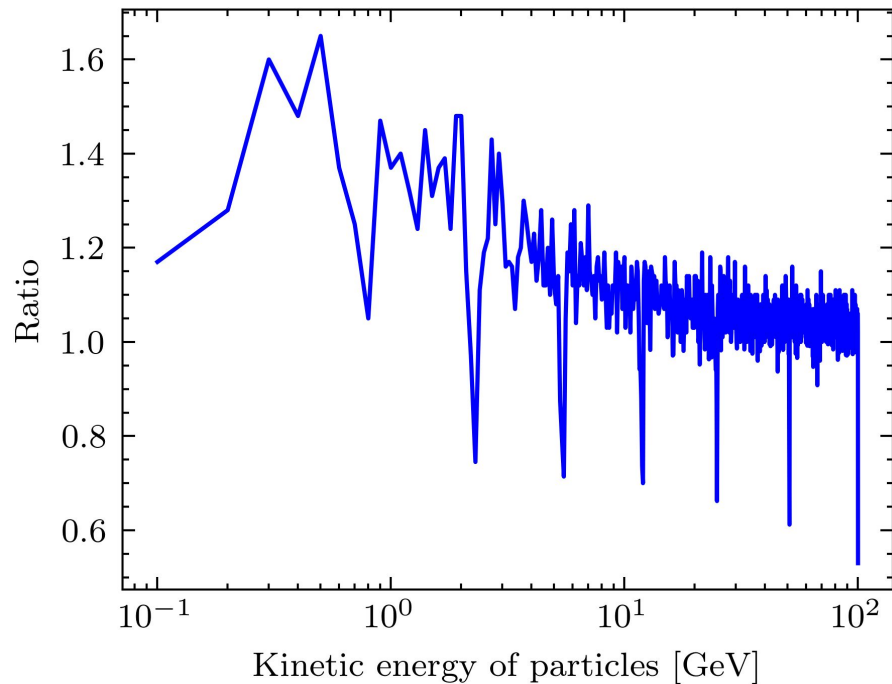
- Použité uzly s GTX1080TI a RTX2060
- Dosiahnuté zrýchlenie:
  - 1D F-p model - 1.31-násobné oproti výpočtom na GTX1080TI
  - 2D F-p model - 1.22-násobné oproti výpočtom na GTX1080TI
  - 1D B-p model - 1.41-násobné oproti výpočtom na GTX1080TI

Typ systému	1D F-p [hod]	2D F-p [hod]	1D B-p [hod]
Ref. systém	43.30	150.00	145.57
GTX 1080TI	5.61	12.82	1.66
Distribuovaný systém	4.28	10.50	1.17



# Analýza pulzácií

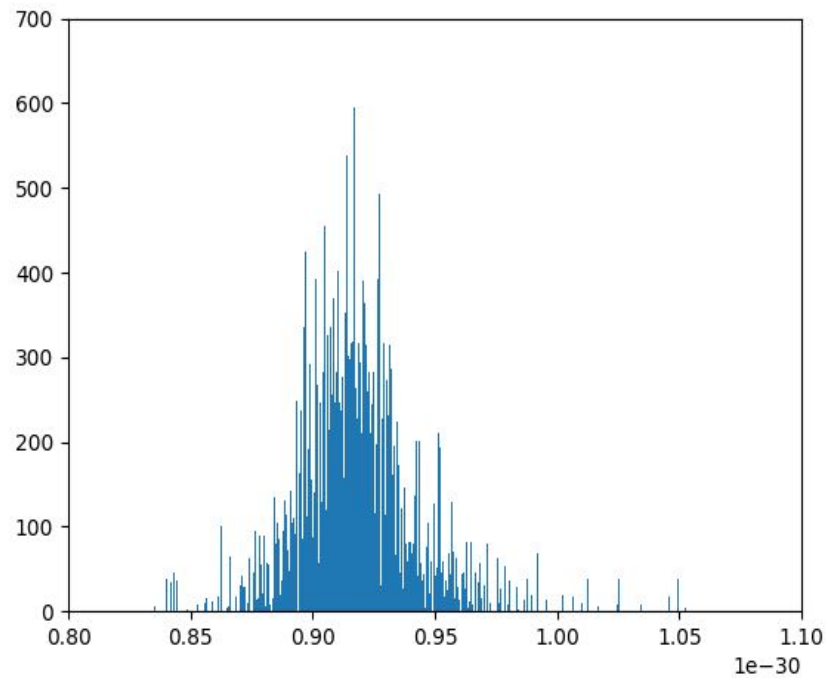
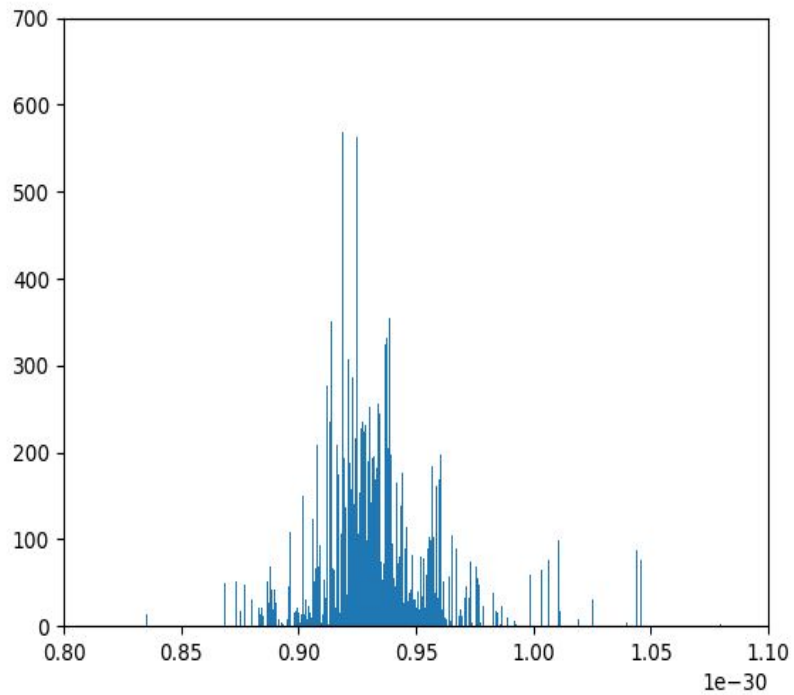
- Chyba pri dĺžke časového kroku  $dt < 2.0$  pri modeloch forward-in-time
- Maximálne na úrovni 30%
- V intervale  $1.75 < dt < 2.0$  je prepad o niečo menší
- Overované hypotézy:
  - Použitie parametru `--use_fast_math`
  - Použitie nepresného generátora náhodných čísel
  - Nesprávna distribúcia injekčných energií



# Analýza pulzácií

- Analýza jedného vrcholu pulzu
- Doterajšie výsledky:
  - Zachytenie chyby na úrovni formátovania do výstupu - chyba v knižnici 3. Strany
  - Histogramy preukázali, že pokles je pozorovateľný u častíc bez rozdielu vstupných parametrov
  - Preukázané, že chyba nie je v presnosti výsledkov, ale v menšom počte výstupných častíc

# Analýza pulzácií



# Distribuovaný systém

- Zovšeobecnenie výpočtovej časti
  - Podpora výpočtov na CPU
    - Implementovať benchmark, ktorý by reflektoval výkonnosť CPU / GPU systémov
    - Implementovať dynamickejšie delenie počtu simulácií, ako doplnok ku GPU
  - Message-oriented-Middleware
    - Zovšeobecnenie komunikačných správ s pevne definovanou štruktúrou parametrov
  - Databázová schéma
    - Zovšeobecnenie tabuliek pre výsledky / simulácie
      - Využitie JSONB
      - Použitie NoSQL databázy
    - Pridať podporu pre search engine

# Distribučný systém

- Zovšeobecnenie používateľského rozhrania
  - Podpora používateľských účtov
  - Možnosť definovania si vlastný formulár pre spúšťanie simulácií
  - Implementácia všeobecných komponentov pre vizualizáciu
  - Na úrovni databáz podpora pre Grafanu / iné nástroje pre vizualizáciu

Ďakujem za pozornosť