

# Paralelizácia dvojrozmerných modelov modulácie kozmického žiarenia v heliosfére

Michal Solanik, Vedúci práce: Pavol Bobík, Konzultant: Ján Genčí  
Fakulta elektrotechniky a informatiky Technická univerzita v Košiciach

## Ciele práce

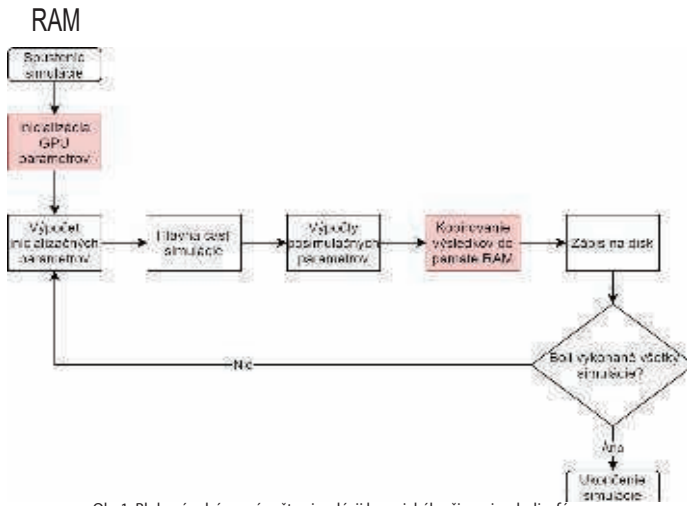
- Analýza zistených rozdielov medzi CPU a GPU implementáciou 1D F-p modelu - chyby, ktorú sme pomenovali "pulzácia"
- Paralelizácia dvojrozmerných heliosferických modelov - realizácia na GPU a vytvorenie distribuovaného systému využívajúceho GPU
- Optimalizácia výsledných implementácií
- Analýza presnosti a získaného zrýchlenia

## Motivácia

Simulovanie žiarenia častíc kozmického žiarenia v heliosfére pomocou B-p a F-p modelov je náročné z hľadiska výpočtového výkonu aj času potrebného na vykonanie. Cieľom práce bolo zvoliť a realizovať paralelizáciu na zvolených platformách a čo najlepším zrýchlením s ohľadom na presnosť modelov.

## Paralelizácia na GPU

- Pre paralelizáciu na GPU bolo potrebné upraviť priebeh simulácií
- Každá časť simulácie sa spúšťa paralelne na GPU
- Pridaná inicializácia parametrov a kopírovanie výsledkov do pamäte RAM



Obr.1: Bloková schéma výpočtu simulácií kozmického žiarenia v heliosfére

## Distribuovaný systém

- Využíva výpočtovú silu GPU architektúr Pascal a Turing
- Po odoslaní parametrov z webového rozhrania sú požadované počty simulácií roz distribuované medzi jednotlivé uzly podľa výkonnosti
- Výkon uzla je vyjadrený pomocou:

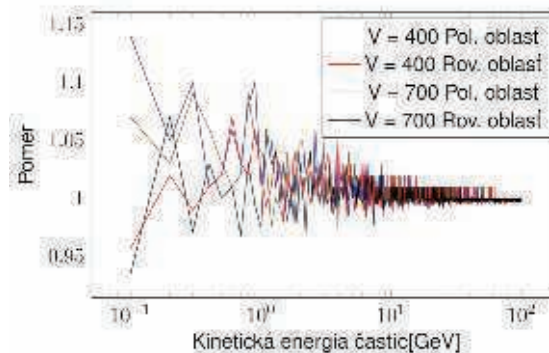
$$\text{Výkon} = \text{GPU}_{\text{TFLOPS}} * \text{GPU}_{\text{využitie}} * \text{GPU}_{\text{PriepustnosťPamäte}}$$

## Výsledky

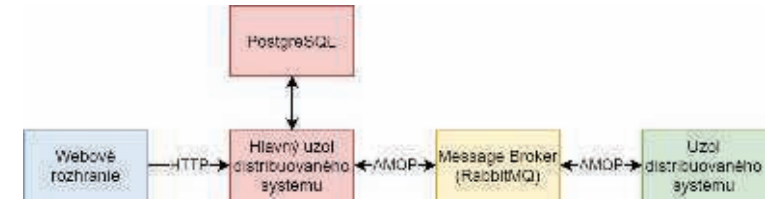
- Dosaiahnuté zrýchlenie na úrovni 9.83 pri 2D F-T modeli, pri 2D F-p 11.69 a pri 2D B-p bolo namerané zrýchlenie od 82.29 do 473.46.
- Implementácia navrhovaného distribuovaného systému preukázala zrýchlenie na testovacích zostavách s GTX 1080 TI a RTX 2060 od 24.04% do 34.62%.
- Bola zachovaná prijateľná presnosť jednotlivých modelov, ktoré sa zhodovali na úrovni +/-10% oproti referenčným CPU modelom

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

Tab.2: Porovnanie vykonávacích časov s distribuovaným systémom



Obr.3: Porovnanie presností spektrier z GPU implementácií 2D modelov s referenčnými 2D B-p spektrami



Obr.2: Bloková schéma distribuovaného systému

Model	Vykonávací čas [min]		
	Ref. systém	GTX 1080TI	Zrýchlenie
2D F-T	9000	915.56	9.83x
2D F-p	9000	769.2	11.69x
2D B-p V = 400 Rov. Oblasť	3772.8	13.62	276.82x
2D B-p V = 400 Rov. Oblasť	1667	13.74	121.99x
2D B-p V = 700 Pol. Oblasť	4446	9.39	473.46x
2D B-p V = 700 Pol. Oblasť	772.8	9.39	82.29x

Tab.1: Zrýchlenie dosaiahnuté paralelizáciou na GPU

Získané zrýchlenie oproti	1D F-p	2D F-p	1D B-p
Ref. systém	10.11x	14.28x	124.41x
GTX 1080 TI	1.31x	1.22x	1.41x

Tab.3: Dosaiahnuté v rámci distribuovaného systému