VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ SISTEMŲ BAKALAURO STUDIJŲ PROGRAMA

Šilumos laidumo uždavinio lygiagretinimas MIF klasteryje

Parallelization of the steady-state heat problem on the MIF computing cluster

Kursinis darbas

Atliko: Mantas Petrikas (parašas)

Darbo vadovas: dr. Rokas Astrauskas (parašas)

Vilnius – 2022

TURINYS

Įvadas

Šiame darbe bus tiriamos šilumos lygties paralelizavimo galimybes naudojant centrinius(ang. CPU) procesorius. Šilumos uždavinys yra vienas iš Laplaso lygties pritaikymo galimybių. Šios antros eilės dalinės diferencialinės lygtys plačiai naudojamos fizikoje, sprendžiant elektrostatikos [Hou08], gravitacijos, magnetizmo [Bla96], pastovios būsenos temperatūrų [BE01] ir hidrodinamikos [Kad85] problemas. Darbe narginėjami algoritmo palerizavimo teorinis ir praktinis pagreitėjimai pasitelkiant skirtingas duomenų padalimo branduoliams strategijas. Visi praktiniai eksperimentai buvo vykdomi naudojant Vilniaus Universiteto Matemematikos ir Informatikos fakulteto Skaitmeninių tyrimų ir skaičiavimų centro paskirstytų skaičiavimų tinklo resursus.

Uždaviniai:

- implementuoti nuoseklųjį šilumos laidumo uždavinio algoritmą
- implementuoti lygiagretūjį šilumos laidumo uždavinio algoritmą pagreitėjimą naudojant centrinius procesorius
- suprojektuoti ir implementuoti šilumos laidumo uždavinio sprendimo algorimtą, naudojantį grafinių procesorių resursus
- įvertinti grafinius procesorius naudojančio algoritmo našumą ir praktiškumą lyginant su centrinius procesorius naudojančiu algoritmu
- palyginti gautus rezultatus rezultatus su kitais panašiais problemas nagrinėjančių mokslinių darbų rezultatais

1. Sprendžiamos problemos modelis

Šilumos laidumo lygtis. Vientisa kvadratinė metalinė plokštė, turinti pradinę temperatūra. Metalinės plokšės kraštinėse esanti temperatūra. Uždavinio tikslas - nustatyti galutinį temperatūros pasiskirtymą plokštelėje, prabėgus neribotam laiko tarpui.

1.1. Praktiniai modelio abribojimai

Šio darbo kontekste, temperatūros pakitimai vyksta dvimatinėje kvadratinėje erdvėje, kurios šoniniai taškai turi pastovią temperatūros vertę, kuri nekinta laikui bėgant. Norint supaprastinti uždavinį, neatsižvelgiama į plokštelės temperatūros laidumą. Kiekvienoje iteracijoje ne kraštinio taško temperatūra apskaičiuojama kaip jį supančių 4 taškų praėjusios iteracijos temperatūrų vidurkis.

2. Programos implementacija

2.1. Programos vykdymo aplinka

Siekiant išlaikytis vienodas sąlygas ir ištestuoti algorimtą turint didelį centinių procesorių kiekį, visi šiame darbe aprašyti praktiniai testai buvo vykdomi Vilniaus Universiteto Matemematikos ir Informatikos fakulteto Skaitmeninių tyrimų ir skaičiavimų centro paskirstytų skaičiavimų tinkle. Konkrečiai šio darbo rašymo metu buvo naudojamas „beta“ telkinys, kurį sudaro 56 (testavimo metu praktiškai buvo pasiekiami tik 42) mazgai turinys po 2 Intel Xeon X5650 procesius, kurių kiekvienas turi po 6 branduolius. Kiekvienojame mazge yra 24 GB operatyviosios atminties (ang. RAM) ir jie turi prieeigą prie 20Gbit/s infiniband tinklo.

http://mif.vu.lt/cluster/

2.2. Nuoseklusis algoritmas

Nuoseklusis algoritmas įgyvendintas C++ kalba. Algoritmo pradžioje alokuojama atmintis dviems N*N dydžio masyvams, kur N yra matricos kraštinės ilgis: viename saugoma dabartinė matricos būsena, kitas yra pildomas naujomis reikšmėmis iteracijos metu. Naudojami viemačiai masyvai, nes didžioji dalis OpenMPI biblietekos funkcijų, kuri buvo naudotos lygiagretinant algoritmą, tikisi vienačius masyvų duomenų perdavimui, o nuoseklaus algortimo veikimui vienmačių ir dvimačių masyvų naudojimas nedaro didelės įtakos algoritmo veikimo laikui. Pirmasis masyvas užpildomas pradine matricos būsena, ir tada iteracija per matricos kartas, konverguojant į galutinę matricos temperatūrų būseną. Kiekvienos įteracijos metu, kiekvienam vidiniam matricos taškui yra priskiriama reikė, lygi jį supančių 4 taškų vidurkiui, o kraštinės matricos reikšmės nekinta.

2.3. Lygiagretūs algortimai

Lygiagrečiam sprendimui įgyvendinti buvo naudota C++ programavimo kalbos OpenMPI biblioteka.

2.4. Duomenų dalinimas eilutėmis

2.5. Duomenų dalinimas kvadratais

Rezultatai ir išvados

Literatūra

[BE01] Fredrik Berntsson ir Lars Eldén. Numerical solution of a cauchy problem for the laplace equation. *Inverse Problems*, 17(4):839, 2001.

[Bla96] Richard J Blakely. *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge university press, 1996.

[Hou08] MG House. Analytic model for electrostatic fields in surface-electrode ion traps. *Physical Review A*, 78(3):033402, 2008.

[Kad85] Leo P Kadanoff. Simulating hydrodynamics: a pedestrian model. *Journal of statistical physics*, 39(3):267–283, 1985.