Laboratorinis darbai

Domantas Keturakis

Spalis 2024

Užduotis #1

Pirma dalis

Pirmasis skaičiavimo skaičiavimo ciklas (Pav. 1) palyginus užtrunka nedaug laiko (apie 0.002 sekundės). Praktiniems tikslams, jį galima ignoruoti.

```
for (int i=0; i<numX; i++) {
    X[i] = i;
    bestX[i] = i;
}
u = evaluateSolution(X);
bestU = u;
```

Pav. 1: Pradinės naujo ir geriausio sprendinių reikšmių apskaičiavimas

Didžiąją dalį laiko užima šis ciklas:

```
while (increaseX(X, numX-1, numCL) == true) {
    u = evaluateSolution(X);
    if (u > bestU) {
        bestU = u;
        for (int i=0; i<numX; i++) bestX[i] = X[i];
    }
}
```

Pav. 2: Visų galimų sprendinių perrinkimas

Šį ciklą iš esmės yra ne paprasta parelilizuoti, nes:

- `increaseX` - keičia masyvo `X` reikšmę (Pav. 3), ir ne tik `index`-ąjį elementą, rekursyviai kviesdamas save sumažina `index` reikšmę vienu, t.y. iškvietus `increaseX` visos masyvos reikšmės yra keičiamos. To pasekmė, kad `index`-ojo elemento skaičiavimo negalima paskirstyti skirtingoms gijoms, kitaip vėlesnėms gijoms reikėtų laukti, kol praeita gija baigs savo darbą, visiškai nustelbiant parelelizavimo naudą.
- `increaseX` skaičiavimai priklauso vienas nuo kito, t.y. norint apskaičiuoti `X` reikšmę n-ame ciklo vykdyme, reikia pirma apskaičiuoti `X` reikšmę $(n-1)$-ame ciklo vykdyme. Analogiškai negalima paralelizuoti ir nes kitos gijos lauktų, kol praeita gija baigs savo darbą.
- `if (u > bestU) { ... }` irgi gali tik vienas ciklas vienu metu, nes `bestU` ir `X` pakeitimas turi būti atliekamas "žingsniu".

Iš esmės neperrašius `increaseX`, šios funkcijos ir jos kvietimo cikle, yra nepraktiška parelilizuoti.

```
int increaseX(int *X, int index, int maxindex) {
    if (X[index]+1 < maxindex-(numX-index-1)) {
        X[index]++;
    }
    else {
        if ((index == 0) && (X[index]+1 == maxindex-(numX-index-1))) {
            return 0;
        }
        else {
            if (increaseX(X, index-1, maxindex)) X[index] = X[index-1]+1;
            else return 0;
        }
    }
    return 1;
}
```

Pav. 3: funkcijos `increseX` apibrėžimas

Tuo tarpu funkcija `evaluateSolution` nekeičia jokių globalių kintamųjų ar savo argumentų. Analitiškai žiūrint galima spėti, kad čia ir didžioji dalis skaičiavimo laiko yra sugaištama. Teorinis šios funkcijos "big-O" yra $O(\texttt{numDP} \cdot \texttt{numX})$, tuo tarpu `increseX` rekursyviai save gali iškviesti daugiausiai `numX` kartų.

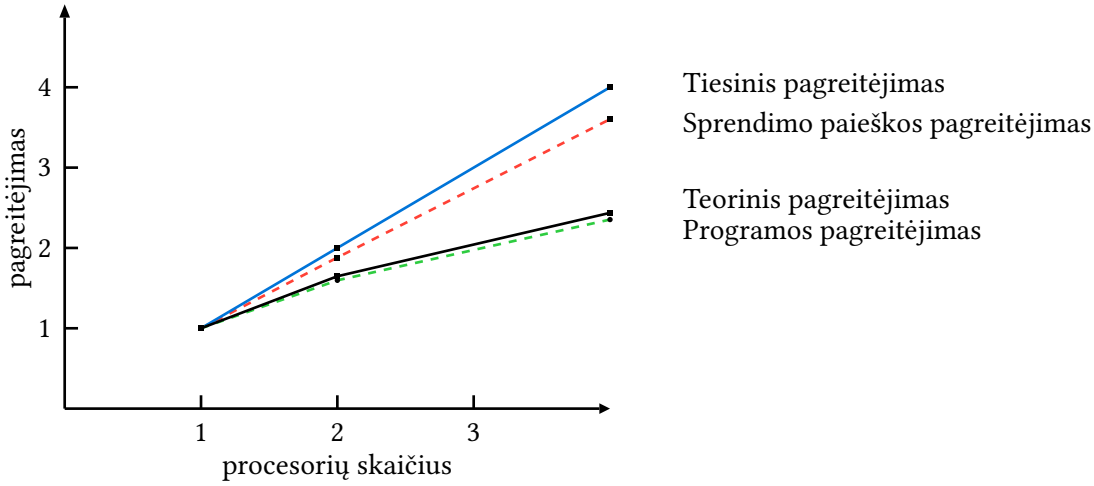
```
double evaluateSolution(int *X) {
    double U = 0;
    double totalU = 0;
    int bestPF;
    int bestX;
    double d;

    #pragma omp parallel reduction (+:U, totalU) private(bestPF, bestX, d)
    #pragma omp for
    for (int i=0; i<numDP; i++) {
        totalU += demandPoints[i][2];
        bestPF = 1e5;
        for (int j=0; j<numPF; j++) {
            d = HaversineDistance(i, j);
            if (d < bestPF) bestPF = d;
        }
        bestX = 1e5;
        for (int j=0; j<numX; j++) {
            d = HaversineDistance(i, X[j]);
            if (d < bestX) bestX = d;
        }

        if (bestX < bestPF) U += demandPoints[i][2];
        else if (bestX == bestPF) U += 0.3*demandPoints[i][2];
    }
    return U/totalU*100;
}
```

Pav. 4: Paralelizuota funkcija `evaluateSolution`

Pav. 4 esantį `for` ciklą galima parelilizuoti, kadangi `bestPF`, `bestX`, `d` kintamiesiems ciklo viduje prieš jų panaudojimą priskiriamos tų pačių konstantų reikšmės ir kaip minėta `X` reikšmė nekeičiama. Kiekvienai gijai sukurianant atskirą `bestPF`, `bestX`, `d` kopiją išvengiamos "data-race" problemos (panaudojant `private` direktyvą). Už `for` ciklo ribų reikšmingi tik `totalU` ir `U` kintamieji, juos apsaugi

nuo “data-race” galima apsaugti panaudojant `reduce` direktyvą, kadangi jie naudojami tik galutiniui rezultatui susumuoti.

Rezultatai



Graph 1: pagreitėjimo ir procesorių skaičiaus santykis

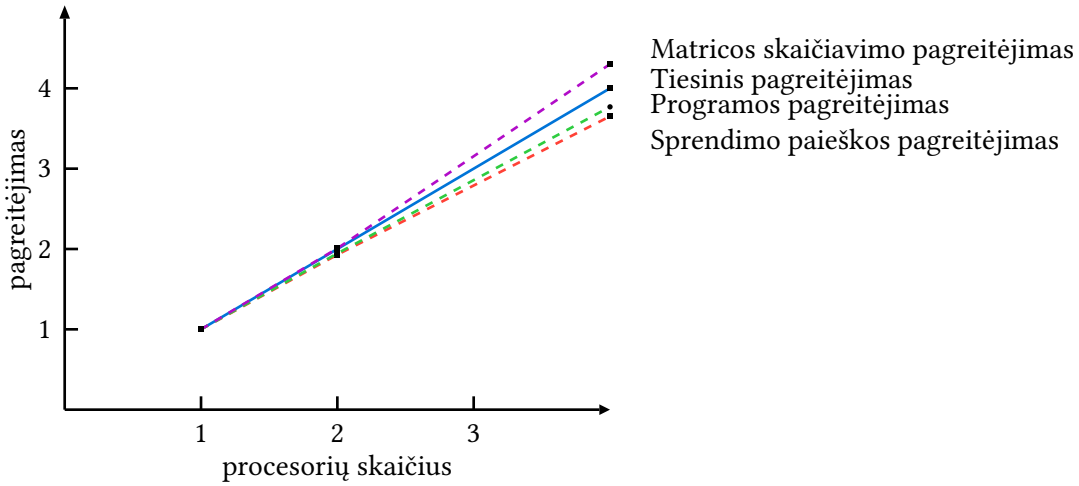
Antra dalis

Šioje vietoje `for` direktyva atrodo lengvai pritaikoma, kadangi atstumų matricos kiekvieną eilutę galima apskaičiuoti nepriklausomai nuo to ar praeitos eilutės yra apskaičiuotos. Tačiau, pirmos eilutėms reikia mačiau

```
distanceMatrix = new double*[numDP];
#pragma omp parallel
{
    #pragma omp for schedule(guided)
    for (int i=0; i<numDP; i++) {
        distanceMatrix[i] = new double[i+1];
        for (int j=0; j<=i; j++) {
            distanceMatrix[i][j] = HaversineDistance(
              demandPoints[i][0],
              demandPoints[i][1],
              demandPoints[j][0],
              demandPoints[j][1]
            );
        }
    }
}
}
```

Pav. 5: Paralelizuotas atstumų matricos skaičiavimas

Rezultatai



Graph 2: pagreitėjimo ir procesorių skaičiaus santykis