KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

INFORMATIKOS FAKULTETAS

LYGIAGRETUSIS PROGRAMAVIMAS

Lygiagreti „bitonic“ rikiavimo algoritmo implementacija „Go“ programavimo kalboje

Ataskaita

Atliko

IFF-6/10 grupės studentas

Margiris Burakauskas

Priėmė

doc. Romas Marcinkevičius,

lekt. Mindaugas Jančiukas

Kaunas, 2018

Turinys

Užduotis

Parašyti lygiagrečią bitoninio rūšiavimo algoritmo implementaciją Go kalboje. Programos veikimas turi būti nepriklausomas nuo duomenų, turi būti galimybė keisti gijų skaičių bei duomenų kiekį.

Užduoties analizė

Bitoninis rūšiavimas – vienas iš anksčiausiai (1968 m.) sukurtų lygiagrečių rūšiavimo algoritmų. Tai vienas iš greičiausių rūšiavimo tinklų (angl. sorting network) algoritmų. Rūšiavimo tinklai yra speciali algoritmų rūšis, kai sulyginimų seka nepriklauso nuo duomenų.

Bitoninę seką galima apibrėžti taip: $a_1, a_2, \dots, a_n$ vadinama bitonine seka, jeigu egzistuoja toks k, kad $a_1 \leq a_2 \leq \cdots \leq a_k \geq a_{k+1} \geq \cdots \geq a_n$. Kitaip dar galima būtų pasakyti, kad bitoninė seka yra mažėjančių ir didėjančių skaičių sekų (arba atvirkščiai) susiejimas. Pavyzdžiui, $2, 4, 6, 8, 9, 24, 6, 3, 2, 0$ yra bitoninė seka.

Bitoninis rūšiavimas yra sulygink – sukeisk (angl. compare - exchange) tipo. Pirmiausia yra sudaroma bitoninė seka, o tada ji padalijama per pusę ir lyginami tik abiejų pusių atitinkami elementai – pirmas su pirmu, antras su antru ir t.t.; jie sukeičiami, jei pirmosios pusės elementas didesnis. Tada abi sekos pusės yra vėl dalinamos pusiau, ir veiksmai kartojami tol, kol gaunama seka iš 1 elemento – tada masyvas jau surikiuotas.

Lygiagretumas naudojamas pasitelkiant „Go“ kalbos ko-rutinas *go*. Naudojant globalų kintamąjį ir jį saugantį *mutex* užraktą yra kuriamos gijos, jei jau sukurtų gijų skaičius neviršija nurodyto. Apie baigtą darbą gijos savo tėvinėms gijoms praneša kanalais.

Programos aprašymas

```
// grąžina, kiek laiko praėjo nuo start laiko
func timeTrack(start time.Time, name string)
```

```
// palygina i ir j elementus a masyve ir sukeičia vietomis jei neatitinka ascending reikšmės
func compareAndSwap(a []int, i, j int, ascending bool)
```

```
// surikiuoja ir sulieja dvi bitoninės eiles a masyve
func bitonicMerge(a []int, low, length int, ascending bool)
```

```
// surikiuoja ir sulieja dvi bitoninės eiles a masyve
// jei galima, visa tai daro lygiagrečiai
func bitonicMergeAsync(a []int, low, length int, ascending bool, guardChan chan<- struct{}, wasConcurrent bool)
```

```
// padalina a masyvą į dvi dalis ir joms iškviečia bitonicMerge
func bitonicSort(a []int, low, length int, ascending bool)
```

```
// padalina a masyvą į dvi dalis ir joms iškviečia bitonicMerge
// jei galima, visa tai daro lygiagrečiai
func bitonicSortAsync(a []int, low, length int, ascending bool, guardChan chan<- struct{}, wasConcurrent bool)
```

```go
// pagrindinė rikiavimo funkcija, pradeda rikiavimą ir matuoja bei į konsolę išveda vykdymo laiką
func sortB(a []int, ascending bool)
```

```go
// grąžina size dydžio masyvą su pseudo-atsitiktinai sugeneruotais skaičiais
func generateRandomIntegerArray(size int) []int
```

Programos tekstas su komentarais

```go
package main

import (
   "fmt"
   "math"
   "math/rand"
   "os"
   "sort"
   "sync"
   "time"
)

var size int
var threadCount int
var threadCountCurrent = 0
var mutex = &sync.Mutex{}

// grąžina, kiek laiko praėjo nuo start laiko
func timeTrack(start time.Time, name string) {
   elapsed := time.Since(start)
   fmt.Printf("%s took %s\n", name, elapsed)
}

// palygina i ir j elementus a masyve ir sukeičia vietomis jei neatitinka ascending reikšmės
func compareAndSwap(a []int, i, j int, ascending bool) {
   if ascending == (a[i] > a[j]) {
      a[i], a[j] = a[j], a[i]
   }
}

// surikiuoja ir sulieja dvi bitoninės eiles a masyve
func bitonicMerge(a []int, low, length int, ascending bool) {
   if length > 1 {
      var k = length / 2

      for i := low; i < low+k; i++ {
         compareAndSwap(a, i, i+k, ascending)
      }

      bitonicMerge(a, low, k, ascending)
      bitonicMerge(a, low+k, k, ascending)
   }
}

// surikiuoja ir sulieja dvi bitoninės eiles a masyve
// jei galima, visa tai daro lygiagrečiai
func bitonicMergeAsync(a []int, low, length int, ascending bool, guardChan chan<- struct{}, wasConcurrent bool) {
   if length > 1 {
      var k = length / 2
```

```
        for i := low; i < low+k; i++ {
            compareAndSwap(a, i, i+k, ascending)
        }

        mutex.Lock()
        if wasConcurrent && threadCountCurrent+2 <= threadCount {
            threadCountCurrent += 2
            mutex.Unlock()

            var chan1 = make(chan struct{})
            var chan2 = make(chan struct{})

            go bitonicMergeAsync(a, low, k, ascending, chan1, true)
            go bitonicMergeAsync(a, low+k, k, ascending, chan2, true)

            <-chan1
            <-chan2
        } else {
            mutex.Unlock()
            bitonicMerge(a, low, k, ascending)
            bitonicMerge(a, low+k, k, ascending)
        }
    }

    if wasConcurrent {
        guardChan <- struct{}{}
    }
}

// padalina a masyvą į dvi dalis ir joms iškviečia bitonicMerge
func bitonicSort(a []int, low, length int, ascending bool) {
    if length > 1 {
        var k = length / 2

        bitonicSort(a, low, k, ascending)
        bitonicSort(a, low+k, k, !ascending)

        bitonicMerge(a, low, length, ascending)
    }
}

// padalina a masyvą į dvi dalis ir joms iškviečia bitonicMerge
// jei galima, visa tai daro lygiagrečiai
func bitonicSortAsync(a []int, low, length int, ascending bool, guardChan chan<-
struct{}, wasConcurrent bool) {
    if length > 1 {
        var k = length / 2

        mutex.Lock()
        if wasConcurrent && threadCountCurrent+2 <= threadCount {
            threadCountCurrent += 2
            mutex.Unlock()

            var chan1 = make(chan struct{})
            var chan2 = make(chan struct{})

            go bitonicSortAsync(a, low, k, ascending, chan1, true)
            go bitonicSortAsync(a, low+k, k, !ascending, chan2, true)

            <-chan1
            <-chan2
```

```
            bitonicMergeAsync(a, low, length, ascending, guardChan, true)
        } else {
            mutex.Unlock()
            bitonicSort(a, low, k, ascending)
            bitonicSort(a, low+k, k, !ascending)

            bitonicMerge(a, low, length, ascending)
        }
    }

    if wasConcurrent {
        guardChan <- struct{}{}
    }
}

// pagrindinė rikiavimo funkcija, pradeda rikiavimą ir matuoja bei į konsolę išveda
vykdymo laiką
func sortB(a []int, ascending bool) {
    // kanalas, kuriuo gaunamas pranešimas apie rikiavimo pabaigą
    var guardChan = make(chan struct{})
    defer timeTrack(time.Now(), fmt.Sprintf("Bitonic sort of size %d using %d threads
took", len(a), threadCount))

    go bitonicSortAsync(a, 0, len(a), ascending, guardChan, true)
    <-guardChan
    threadCountCurrent = 0
}

// grąžina size dydžio masyvą su pseudo-atsitiktinai sugeneruotais skaičiais
func generateRandomIntegerArray(size int) []int {
    arr := make([]int, size)

    rand.Seed(time.Now().Unix())

    for i := 0; i < size; i++ {
        arr[i] = rand.Intn(size * 3)

        if rand.Intn(2) > 0 {
            arr[i] = 0 - arr[i]
        }
    }

    return arr
}

func main() {
    // patikrinamas argumentų skaičius
    if len(os.Args) != 3 {
        fmt.Println("Netinkami argumentai. Naudojimas: [programos vardas].exe [gijų
skaičius] [duomenų masyvo dydis]. Teisingam rikiavimui duomenų masyvo dydis turi būti
dvejeto laipsnis.")
        return
    }


    // priskiriamos pradinės reikšmės iš argumentų
    var err error
    threadCount, err = strconv.Atoi(os.Args[1])
    size, err = strconv.Atoi(os.Args[2])

    // patikrinama, ar buvo pateikti teisingi argumentai
    if err != nil {
```

```
        fmt.Println("Blogi argumentai. Naudojimas: [programos vardas].exe [gijų skaičius]
[duomenų masyvo dydis]. Teisingam rikiavimui duomenų masyvo dydis turi būti dvejeto
laipsnis.")
        return
    }

    // sukuriami duomenų masyvai
    var a = generateRandomIntegerArray(size)
    var a0 = make([]int, size)
    var a1 = make([]int, size)

    copy(a0, a)
    copy(a1, a)

    // paleidžiamas rikiavimas
    sortB(a0, true)
    sortB(a1, false)

    // patikrinama, ar buvo surikiuota teisingai, naudojant standartinę Go kalbos
rikiavimo biblioteką
    if !sort.IsSorted(sort.IntSlice(a0)) ||
!sort.IsSorted(sort.Reverse(sort.IntSlice(a1))) {
        fmt.Println("sorting failed")
    }
}
```

Testavimas

Naudota įranga:

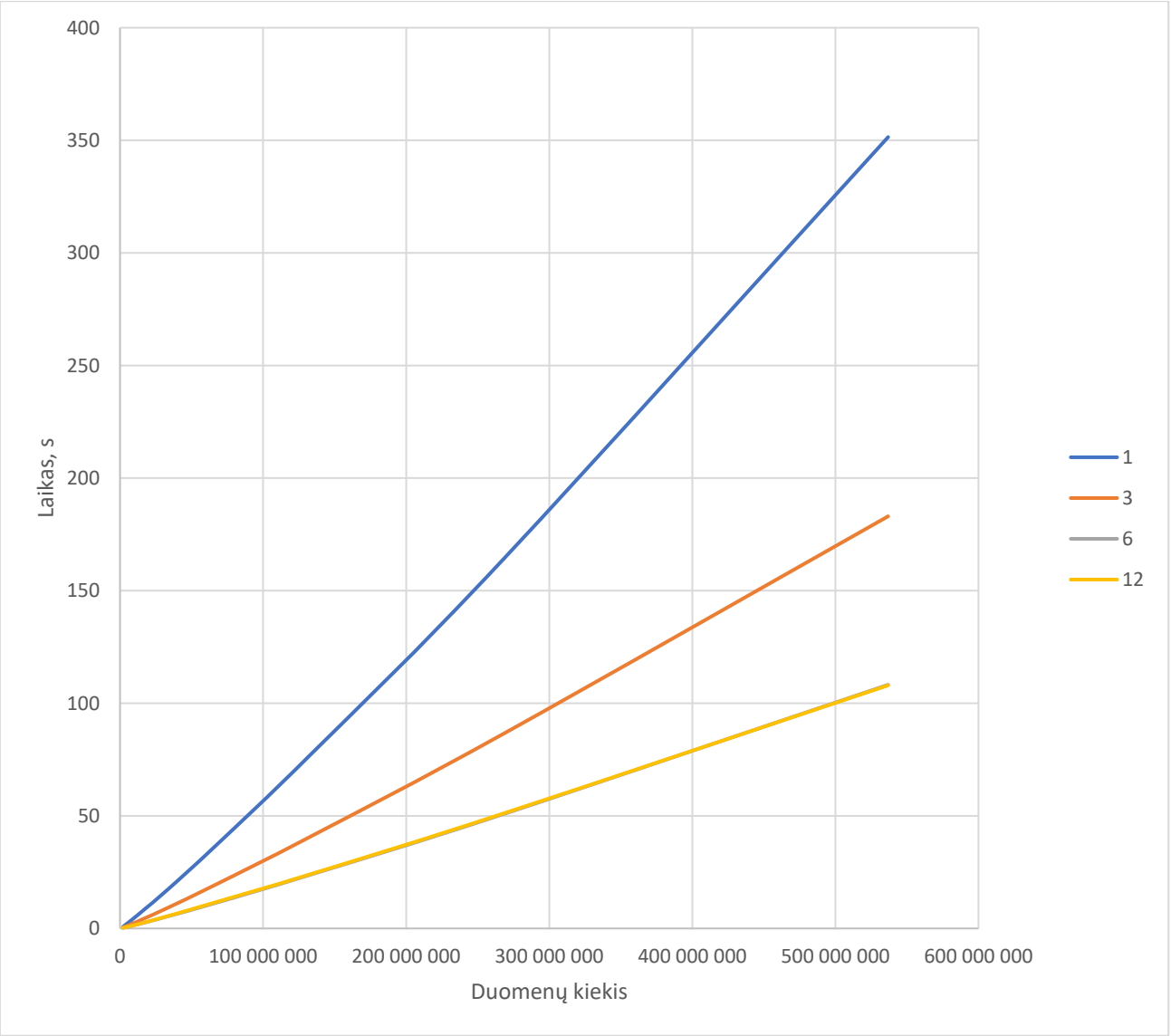
- **Procesorius:** AMD Ryzen 5 1600 (6 branduoliai, 12 loginių procesorių, taktinis dažnis – 3,2 GHz).
- **Operatyvinė atmintis:** 16 GB DDR4 3200 MHz.
- **Operacinė sistema:** Windows 10 (1809 versija, 17763.194 kompiliavimo versija).
- **Integruota programavimo aplinka (IDE):** Jetbrains GoLand 2018.3.

Programos veikimo teisingumas yra patikrinamas kiekvieną kartą vykdant programą naudojant standartinę „Go“ kalbos biblioteką ir, jei buvo surikiuota neteisingai, išvedamas klaidos pranešimas.

Programos instaliuoti nereikia.

Naudojimas: [programos vardas].exe [gijų skaičius] [duomenų masyvo dydis]. Teisingam rikiavimui duomenų masyvo dydis turi būti dvejeto laipsnis.

Vykdymo laiko kitimo tyrimas



Išvados

Užduotį pavyko įgyvendinti. Programa veikia teisingai, gaunami rezultatai tokie, kokių tikėtasi.

Bitoninis rikiavimas gana gerai greitėja jį išskirsčius procesams. Tą atspindi vykdymo laiko kitimo diagrama. Duomenų kiekiui padidėjus dvigubai maždaug dvigubai padidėja ir vykdymo laikas – didėjimas linijinis. Gijų skaičių apsimoka didinti tik iki tiek, kiek yra procesoriaus branduolių – naudojant 12 gijų (tiek, kiek yra loginių procesorių) pagreitėjimo nėra arba jis labai nežymus. Esant pakankamai mažam duomenų kiekiui lygiagretinimas nėra optimalus – gijų kūrimas kainuoja daugiau laiko nei yra sutaupoma lygiagrečiai vykdant programą.

Literatūra

The Go Programming Language

Bitonic Sort - GeeksforGeeks

Stack Overflow - Where Developers Learn, Share, & Build Careers

Generating a Random Number · GolangCode