Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4
по дисциплине
«Теория функционирования распределённых вычислительных систем»

Выполнил:
Студент гр. ИВ-622
Тимофеев Д.А.

Проверила:
Преподаватель Кафедры ВС
Ткачева Т.А

Новосибирск 2020

Оглавление

1.Цель роботы..3
2.Теория..4
2.1Определения основных параметров и основные формулы 4
3.Ход работы..6
4.Заключение..8
5. Приложение 9

1.Цель роботы

1. Написать программу, реализующую алгоритмы NFDH и FFDH [1, 2] для приближенного решения задачи (1) – (5).

В качестве входных параметров программа получает имя файла с набором задач, количество n ЭМ в системе и название алгоритма (NFDH или FFDH). Результат работы программы: расписание S решения задач, значение T(S) целевой функции, отклонение ε значения целевой функции от её нижней границы T′, время t выполнения алгоритма в секундах.

$$\varepsilon = \frac{T(S) - T'}{T'}, \quad T' = \frac{1}{n} \sum_{j \in J} r_j t_j \ .$$

Упорядочивание задач в алгоритмах NFDH и FFDH выполнять сортировкой подсчетом (Counting Sort).

Для реализации алгоритма FFDH с вычислительной сложностью O(nlogn) рекомендуется использовать бинарное дерево турнира (tournament tree, max winner tree). Каждый лист дерева – это уровень упаковки, а значение листа – это количества свободных ЭМ на уровне. Каждый внутренний узел дерева содержит максимальное из значений левого и правого дочерних узлов. В таком дереве поиск первого подходящего уровня (First Fit) выполняется за время O(logn).

2. Исследовать время выполнения алгоритмов в зависимости от количества m задач в наборе.

Сформировать 10 наборов задач с m = 500, 1000, …, 5000; параметры задач генерировать как равномерно распределенные псевдослучайные числа rj ∈{1, 2, …, n}, tj ∈{1, 2, …, 100}. Рассмотреть случаи n = 1024, 4096.

Ответить на вопросы:

• Какова вычислительная сложность алгоритмов?

• Как зависит время работы алгоритмов от значения параметра m?

• Как зависит время работы алгоритмов от значения параметра n?

3. Провести сравнительный анализ значений целевой функции от расписаний, формируемых алгоритмами.

Сформировать 10 наборов задач (m = 500, 1000, …, 5000); параметры задач генерировать как равномерно распределенные псевдослучайные числа rj ∈{1, 2, …, n}, tj ∈{1, 2, …, 100}. Во всех 10 экспериментах n = 1024. По результатам экспериментов построить оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения случайной величины ε.

Ответить на вопрос: какой из алгоритмов, на рассмотренных наборах задач, формировал более точные расписания?

2.Теория

2.1Определения основных параметров и основные формулы

Имеется распределенная вычислительная система (ВС) укомплектованная n элементарными машинами (ЭМ). Задан набор из m параллельных задач. Каждая задача j ∈ J = {1, 2, …, m} характеризуется временем tj решения и количеством rj элементарных машин необходимых для неё.

Требуется построить расписание S решения параллельных задач на распределенной ВС. Для каждой задачи необходимо определить момент времени τj начала решения её ветвей и их распределение по элементарным машинам. Пусть xji ∈ C = {1, 2, …, n} – номер ЭМ, на которую распределена ветвь i ∈ {1, 2, …, rj} задачи j ∈ J.

Обозначим через J(t) = {j ∈ J | τj ≤ t ≤ τj + tj} множество задач, решаемых на распределенной ВС в момент времени t.

Будем называть расписание S = (τ1, τ2, …, τm; x11, x12, …, 1 1 r x , …, xm1, xm2, …, mrm x) допустимым, если оно удовлетворяет ограничениям.

1) В любой момент времени на ресурсах распределенной ВС решается не более n ветвей параллельных задач:

$$\sum_{j \in J(t)} r_j \le n, \ \ \forall t \in \boldsymbol{R}.$$

2) Ветви параллельных задач решаются на разных элементарных машинах:

$$\prod_{j\in J(t)} \prod_{j'\in J(t)\setminus\{j\}} (x_{ji} - x_{j'i'}) \neq 0,\ \ \forall t \in \boldsymbol{R},\ \ i = 1, 2, \ldots, r_j,\ i' = 1, 2, \ldots, r_{j'}.$$

Обозначим через Ω множество допустимых расписаний. В качестве показателя оптимальности расписаний будем использовать время T(S) окончания решения последней задачи

$$T(S) = \max_{j\in J}\{\tau_j + t_j\}.$$

Итак, требуется найти допустимое расписание S ∈ Ω, доставляющее минимум целевой функции T(S). Формально

$$T(S) = \max_{j\in J}\{\tau_j + t_j\} \rightarrow \min_{S\in\Omega} \tag{1}$$

При ограничениях:

$$\sum_{j\in J(t)} r_j \le n,\ \ \forall t \in \boldsymbol{R}, \tag{2}$$

$$\prod_{j\in J(t)} \prod_{j'\in J(t)\setminus\{j\}} (x_{ji} - x_{j'i'}) \neq 0,\ \ \forall t \in \boldsymbol{R},\ \ i = 1, 2, \ldots, r_j,\ i' = 1, 2, \ldots, r_{j'}, \tag{3}$$

$$x_{ji} \in C,\ \ j = 1, 2, \ldots, m,\ \ i = 1, 2, \ldots, r_j, \tag{4}$$

$$\tau_j \in \boldsymbol{R},\ \ j = 1, 2, \ldots, m. \tag{5}$$

Задача (1) − (5) относится к дискретной оптимизации и является трудноразрешимой.

Один из подходов к приближенному решению задачи (1) − (5) основан на её сведении к задаче двумерной упаковки прямоугольников в полуограниченную полосу (2D Strip Packing, 2DSP). Параллельная задача j ∈ J представляется в виде прямоугольника шириной rj и высотой tj условных единиц. Ширина полосы – n условных единиц, высота не ограничена. Требуется упаковать прямоугольники без их вращений и пересечений в полосу так, чтобы высота упаковки была минимальной. На рис. 1 приведен пример упаковки 5 прямоугольников (задач) в полосу шириной 10 условных единиц (элементарных машин).

Задача 1 запускается на решение в нулевой момент времени и использует элементарные машины 1 − 5, задача 4 начинает решаться в момент времени 2 и использует ЭМ 8, 9, 10. Значение целевой функции T(S) = 8.

Рис. 1. Пример упаковки прямоугольников в полуограниченную полосу
$m = 5$; $n = 10$; $T(S) = 8$

3.Ход работы

Была написана программа, которая реализует алгоритмы NFDH и FFDH. Так же были проведены эксперименты для сравнительного анализа и времени выполнения некоторой задачи. Задача подразумевает собой генерировать равномерно распределенные псевдослучайные числа. При разных n – 1024, 4096.

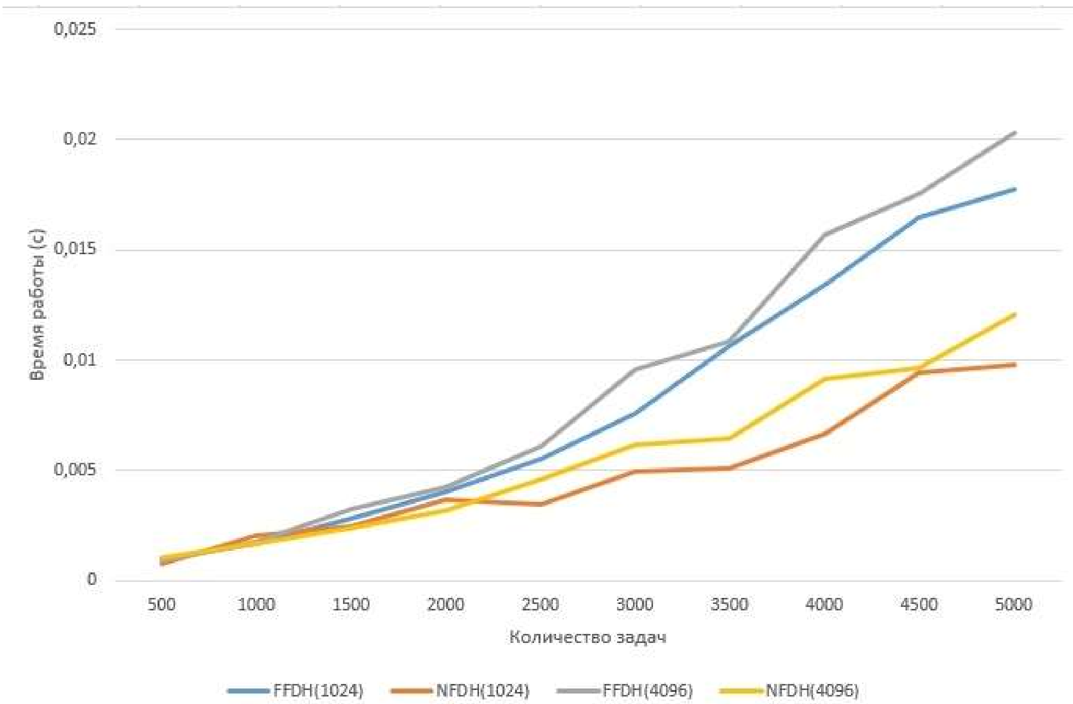
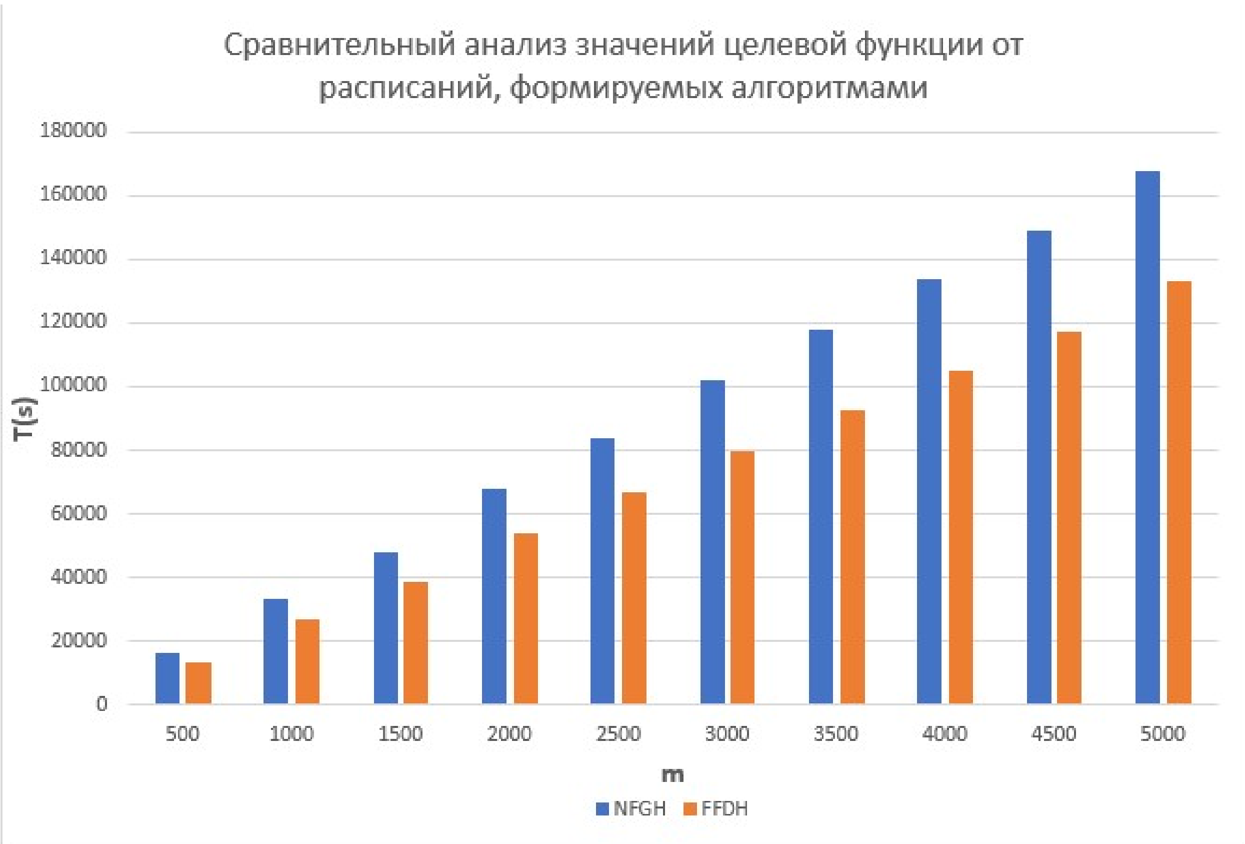


Рисунок 1. График зависимости время работы алгоритма от количества задач



4.Заключение

В результате лабораторной работы были реализованы алгоритмы NFDH и FFDH. Так же проведены экспериментальные нагрузки на каждый из этих алгоритмов для выявления сравнительной оценки (времени выполнения).

FFDH упаковывает элемент R (в не увеличивающейся высоте) на первом уровне, где подходит R. Если ни один уровень не может вместить R, создается новый уровень. Временная сложность FFDH O (n * log n). Аппроксимация FFDH (I) <= (17/10) · OPT (I) +1; асимптотическая граница 17/10 является плотной.

NFDH упаковывает следующий элемент R (в возрастающей высоте) на текущий уровень, если R подходит. В противном случае текущий уровень закрыт и создается новый уровень. Сложность времени O (n * log n). Отношения приближения NFDH (I) <= 2 · OPT (I) +1; асимптотическая оценка 2 плотна.

Из графика можно сделать вывод, что алгоритм FFDH эффективнее, чем NFDH. Алгоритм FFDH в равных условиях с NFDH выполнил задания быстрее, с увеличением количества входных данных время на выполнения задач растет пропорционально.

5. **Приложение**

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <utility>
#include <map>
#include <cmath>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

using namespace std;

int n = 0;
int m = 0;

typedef struct TreeNode {
	int gap_size;// Layer capacity
	int start_time; // Time to start layer
	int type;
	struct TreeNode *left;
	struct TreeNode *right;
	struct TreeNode *top;
} TreeNode;

typedef struct tasks {
	int number,		// task number
	rank,			// task’s rank
	time,			// time to execute task
	start_time,		// time to start task
	position;		// shift of task situation
	struct tasks *next; // filed for counting sort
} tasks;

int NFDH_sort(tasks *root) {

	int currentLevel = 0, nextLevel = 0, freeMachineNumber = 0;
	tasks *ptr = root;

	currentLevel = 0;
	freeMachineNumber = ptr->rank;
	ptr->start_time = currentLevel;
	nextLevel = ptr->time;

	ptr = ptr->next;
	while (ptr->next != NULL)
	{
		if (ptr->rank + freeMachineNumber > n)
		{
			currentLevel = nextLevel;
			nextLevel += ptr->time;
			ptr->start_time = currentLevel;
			freeMachineNumber = ptr->rank;
		} else {
			ptr->start_time = currentLevel;
			freeMachineNumber += ptr->rank;
		}
		ptr = ptr->next;
	}

	return nextLevel;
}

TreeNode* FFDH_Create_Node(TreeNode *top, int i, int depth) {
	TreeNode *ptr = (TreeNode *)malloc(sizeof(TreeNode));
	if (i != 0)
		ptr->top = top;

	ptr->gap_size = n;
	if (i < depth) {
		ptr->left = FFDH_Create_Node(ptr, i+1, depth);
```

```
                ptr->right = FFDH_Create_Node(ptr, i+1, depth);
                ptr->type = 0;
        }
        else {
                ptr->start_time = -1;
                ptr->type = 1;
        }
        return ptr;
}

tasks* createNode(int number, int rank, int time) {
        tasks *ptr = (tasks *)malloc(sizeof(tasks));
        ptr->number = number;
        ptr->rank = rank;
        ptr->time = time;
        ptr->next = NULL;

        return ptr;
}

TreeNode* FFDH_Find_Node(TreeNode *root, int gapsize, int depth) {
        TreeNode *ptr = root, *b_ptr;
        do {
                if (ptr->left->gap_size >= gapsize)
                        ptr = ptr->left;
                else
                        ptr = ptr->right;
        } while (--depth);

        ptr->gap_size -= gapsize;
        b_ptr = ptr;
        while (ptr != root) {
                if (ptr->top->left->gap_size >= ptr->top->right->gap_size)
                        ptr->top->gap_size = ptr->top->left->gap_size;
                else
                        ptr->top->gap_size = ptr->top->right->gap_size;

                ptr = ptr->top;
        }
        return b_ptr;
}

int FFDH_Compute(tasks *data)
{
        int depth, time = 0;
        TreeNode *root, *ptr;
        tasks *tptr = data;

        depth = ceil(log(m) / log(2));
        root = FFDH_Create_Node(NULL, 0, depth);

        while (tptr->next != NULL) {
                ptr = FFDH_Find_Node(root, tptr->rank, depth);
                if (ptr->start_time == -1) {
                        ptr->start_time = time;
                        time += tptr->time;
                }
                tptr->start_time = ptr->start_time;
                tptr->position = (n - ptr->gap_size - tptr->rank);

                tptr = tptr->next;
        }
        return time;
}



int main(int argc, char* argv[]) {
        int a = 0, b = 0;
        int TS = 0;
```

```
		double Tsh = 0.0, e = 0;

	string str;

	if (argc < 2) {
		cout << "Enter filename";
		return 0;
	}
		ifstream fin(argv[1]);

	fin >> n >> m;

	int mass[n+1], mass2[n+1];
	int myMap1[m], myMap2[m], mySortMap1[m], mySortMap2[m];

	for (int i = 0; i < m; i++) {
		fin >> a >> b;
		myMap1[i] = a;
		myMap2[i] = b;
		Tsh += a*b;
	}

	Tsh /= n;
	for (int i = 0; i < n+1; i++) {
		mass[i] = 0;
		mass2[i] = 0;
	}

	for (int i = 0; i < m; i++)
		mass[myMap1[i]]++;

	mass2[0] = mass[0];
	for (int i = 1; i < n+1; i++)
		mass2[i] = mass2[i-1] + mass[i];

	mass[0] = 0;
	for (int i = 1; i < n+1; i++)
		mass[i] = mass2[i-1];

	for (int i = 0; i < m; i++) {
		mySortMap1[mass[myMap1[i]]] = myMap1[i];
		mySortMap2[mass[myMap1[i]]] = myMap2[i];
		mass[myMap1[i]]++;
	}

	tasks *root = createNode(0, mySortMap2[m-1], mySortMap1[m-1]);
	tasks *end = root;
	for (int i = m-2, j = 1; i >= 0; i--, j++) {
		end->next = createNode(j, mySortMap2[i], mySortMap1[i]);
		end = end->next;
	}

	unsigned int startTime =  clock();
	TS = NFDH_sort(root);
	unsigned int endTime =  clock() - startTime;
	e = (TS - Tsh)/Tsh;

	cout << m << " " << TS << endl;
	startTime = clock();
	TS = FFDH_Compute(root);
	endTime = clock() - startTime;
	e = (TS - Tsh)/Tsh;
	cout << m << " " << TS << endl;
	fin.close();
	return 0;
}
```