Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра обчислювальної техніки

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни
«Інтелектуальні вбудовані системи»
на тему
«Дослідження роботи планвальників роботи системи реального часу»

Виконав:
студент групи ІП-84
Гудь В.В.
№ залікової книжки: ІП-8405

Перевірив:
Волокита А.М.

Київ 2021

ЗМІСТ

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Планування виконання завдань (англ. **Scheduling**) є однією з ключових концепцій в багатозадачності і багатопроцесорних систем, як в операційних системах загального призначення, так і в операційних системах
реального часу. Планування полягає в призначенні пріоритетів процесам в черзі з пріоритетами.

Найважливішою метою планування завдань є якнайповніше завантаження
доступних ресурсів. Для забезпечення загальної продуктивності системи планувальник має опиратися на:

- Використання процесора(-ів) — дати завдання процесору, якщо це можливо.
- Пропускну здатність — кількість процесів, що виконуються за одиницю часу.
- Час на завдання — кількість часу, для повного виконання певного процесу.
- Очікування — кількість часу, який процес очікує в черзі готових.
- Час відповіді — час, який проходить від подання запиту до першої відповіді на запит.
- Справедливість — Рівність процесорного часу для кожної нитi[2]

У середовищах обчислень реального часу, наприклад, на пристроях, призначених для автоматичного управління в промисловості (наприклад, робототехніка), планувальник завдань повинен забезпечити виконання процесів в перебігу заданих часових проміжків (час відгуку); це критично для підтримки коректної роботи системи реального часу.

Система масового обслуговування (СМО) — система, яка виконує обслуговування вимог (заявок), що надходять до неї. Обслуговування вимог у СМО проводиться обслуговуючими приладами. Класична СМО містить від одного до нескінченного числа приладів. В залежності від наявності можливості очікування вхідними вимогами початку обслуговування СМО(наявності черг) поділяються на:

1. системи з втратами, в яких вимоги, що не знайшли в момент надходження жодного вільного приладу, втрачаються;
2. системи з очікуванням, в яких є накопичувач нескінченної ємності для буферизації вимог, при цьому очікувані вимоги утворюють чергу;

3. системи з накопичувачем кінцевої ємності (чеканням і обмеженнями), в яких довжина черги не може перевищувати ємності накопичувача; при цьому вимога, що надходить в переповнену СМО (відсутні вільні місця для очікування), втрачається[4].

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ

Вхідні задачі

Вхідними заявками є обчислення, які проводилися в лабораторних роботах 1-3, а саме обчислення математичного очікування, дисперсії, автокореляції, перетворення Фур'є.

Вхідні заявки характеризуються наступними параметрами:

1. час приходу в систему – Tp – потік заявок є потоком Пуассона або потоком Ерланга k-го порядку;
2. час виконання (обробки) – To; математичним очікуванням часу виконання є середнє значення часу виконання відповідних обчислень в попередніх лабораторних роботах;
3. крайній строк завершення (дедлайн) – Td, якщо заявка залишається необробленою в момент часу t = Td, то її обробка припиняється і вона покидає систему.

Потік вхідних задач

Потоком Пуассона є послідовність випадкових подій, середнє значення інтервалів між настанням яких є сталою величиною, що дорівнює $1/\lambda$, де λ – інтенсивність потоку.

Потоком Ерланга k-го порядку називається потік, який отримується з потоку Пуассона шляхом збереження кожної (k + i)-ї події (решта відкидаються). Наприклад, якщо зобразити на часовій осі потік Пуассона, поставивши у відповідність кожній події деяку точку, і відкинути з потоку кожну другу подію (точку на осі), то отримаємо потік Ерланга 2-го порядку. Залишивши лише кожну третю точку і відкинувши дві проміжні, отримаємо потік Ерланга 3-го порядку і т.д. Очевидно, що потоком Ерланга 0-го порядку є потік Пуассона.

Пріоритети заявок

Заявки можуть мати пріоритети – явно задані, або обчислені системою (в залежності від алгоритму обслуговування або реалізації це може бути час обслуговування (обчислення), час до дедлайну і т.д.). Заявки в чергах сортуються за пріоритетом. Є два види обробки пріоритетів заявок:

1. без витіснення – якщо в чергу до ресурсу потрапляє заявка з більшим пріоритетом, ніж та, що в даний момент часу обробляється ним, то вона чекає завершення обробки ресурсом його задачі.
2. з витісненням – якщо в чергу до ресурсу потрапляє заявка з більшим пріоритетом, ніж та, що в даний момент часу обробляється ним, то вона витісняє її з обробки; витіснена задача стає в чергу.

В даній роботі алгоритми реалізовані без витіснення за явно заданими пріоритетами. При цьому деякі алгоритми можуть витісняти задачі базуючись на внутрішніх обчислюваних пріоритетах

Дисципліни обслуговування

Вибір заявки з черги на обслуговування здійснюється за допомогою так званої дисципліни обслуговування. Їх прикладами є FIFO (прийшов першим - обслуговується першим), LIFO (прийшов останнім - обслуговується першим), RANDOM (випадковий вибір). У системах з очікуванням накопичувач в загальному випадку може мати складну структуру.

В даній роботі використовувалися дисципліни обслуговування EDF(Earliest Deadline First) та RM(Rate Monotonic)

Дисципліна EDF

Алгоритм EDF(спочатку найперший термін) є динамічним алгоритмом планування з динамічним пріоритетом. Планувальник надає перевагу задачі, що знаходиться найближче до свого терміну виконання. Цей алгоритм гарантує високу вірогідність виконання задачі в заданий термін, але через це може відбуватись затриманні заявок з довгим терміном виконання в черзі.

Дисципліна RM

Алгоритм RM це динамічний алгоритм з статичними пріоритетами заявок. Алгоритм в першу чергу обробляє ті заявки що надходять частіше. Через це черга заявок при виконанні планування менша ніж в інших алгоритмів, але збільшується ризик порушення дедлайну задач, що приходять рідше.

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

Мова програмування: Python

Клас Scheduler при ініціалізації приймає 4 аргументи - чергу, кількість тактів симуляції, алгоритм планування(RM чи EDF) та розмір такту. Для початку планування викликається функція schedule.

Клас Generator генерує чергу заявок. При ініціалізації приймає 2 аргументи - інтенсивність та кількість тактів. Для генерації викликається функція generate_queue, що приймає середній час виконання задачі. Генератор генерує завдання для кожного такту згідно інтенсивності, формуючи потік Ерланга 2-го порядку.

Клас Task симулює задачу. При ініціалізації приймає 3 аргумент - час потрапляння в систему, час виконання заявки та термін виконання.

Для збору статистики використовується спеціально виділений об'єкт. В ньому збирається статистика про виконані задачі, відкинуті, довжину черги, час очікування, тощо.

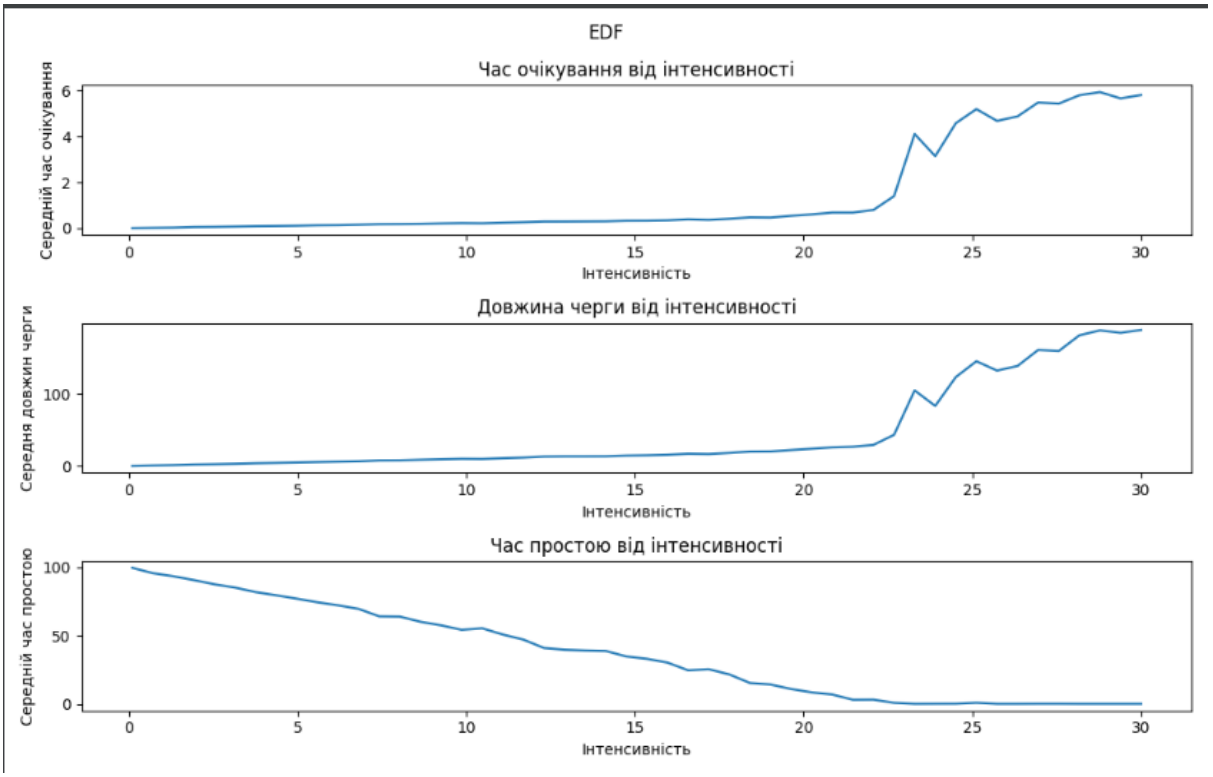
Для малювання графіків було розроблено функцію plot_stats, що приймає алгоритм малювання та відображає зібрану статистику.

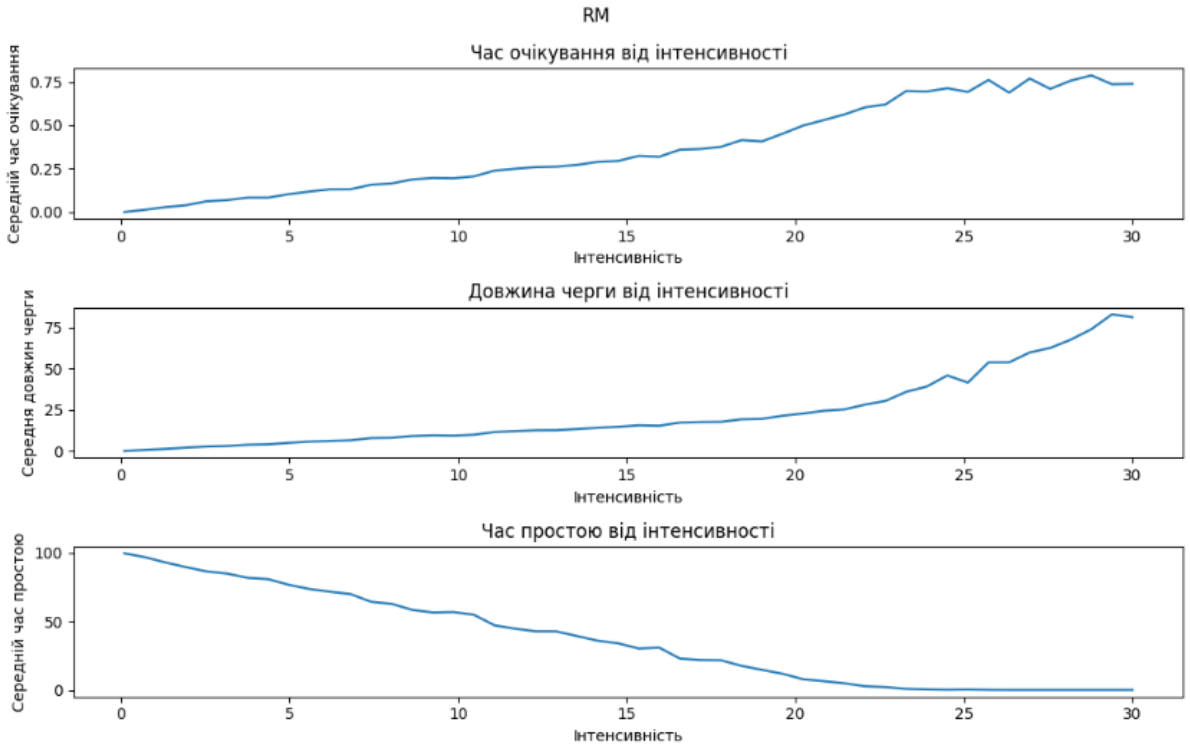
РЕЗУЛЬТАТИ

Початкові параметри

- Кількість тактів - 100
- Середній час виконання заявки - 0.045
- Розмір такту - 1
- Інтенсивність - від 0.1 до 10, з кроком в 0.1

Графіки





Порівнюючи графіки цих двох алгоритмів планування можна помітити, що середній час очікування та довжина черги алгоритму RM значно менший ніж у EDF. При цьому обидва алгоритма досягають насичення приблизно в однаковий момент - в районі з інтенсивністю від 20 до 25. Це також відображається на стрімких графіках зростання довжини черги обох алгоритмів та вирівнювання часу очікування на певній межі для

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Scheduling [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Scheduling_(computing)
2. Poisson distribution [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Poisson_distribution
3. EDF scheduling algorithm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.geeksforgeeks.org/earliest-deadline-first-edf-cpu-scheduling-algorithm/
4. Rate monotonic scheduling [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.geeksforgeeks.org/rate-monotonic-scheduling/

ДОДАТОК

main.py

```
from EarliestDeadlineFirst import EDF
from RateMonotonic import RM
from Plotter import plot_stats

plot_stats(RM)

# plot_stats(EDF)
```

Plotter.py

```
import numpy as np
from PoissonGenerator import Generator
from SMO import Scheduler
import matplotlib.pyplot as plt


AVG_SOLUTION = 0.045
QUEUE_SIZE = 100
intensities = np.linspace(0.1, 30)
tact_size = 1


def plot_stats(algorithm):
    stats_wait_time = []
    stats_free_time = []
    stats_avg_queue_length = []
    for i in intensities:
        generator = Generator(i, QUEUE_SIZE)
        scheduler = Scheduler(generator.generate_queue(AVG_SOLUTION), QUEUE_SIZE,
algorithm, tact_size)
        stats = scheduler.schedule
        stats_wait_time.append(stats['avg_wait_time'])
        stats_free_time.append(stats['free_time'])
        stats_avg_queue_length.append(stats['avg_queue_length'])

    fig = plt.figure(figsize=(11, 7))
    fig.suptitle(algorithm.__name__)
    plot = fig.add_subplot(311)
    plot.set_title('Час очікування від інтенсивності')
    plot.set_xlabel('Інтенсивність')
    plot.set_ylabel('Середній час очікування')
    plot.plot(intensities, stats_wait_time)
    plot = fig.add_subplot(312)
```

```
    plot.set_title('Довжина черги від інтенсивності')
    plot.set_xlabel('Інтенсивність')
    plot.set_ylabel('Середня довжин черги')
    plot.plot(intensities, stats_avg_queue_length)
    plot = fig.add_subplot(313)
    plot.set_title("Час простою від інтенсивності")
    plot.set_xlabel('Інтенсивність')
    plot.set_ylabel('Середній час простою')
    plot.plot(intensities, stats_free_time)
    plt.subplots_adjust(wspace=0.1, hspace=1, bottom=0.1, top=0.9)
    plt.tight_layout()
    plt.show()
```

SMO.py

```
from EarliestDeadlineFirst import EDF


class Scheduler:
    def __init__(self, queue, queue_size, algorithm, tact_size):
        self.queue = queue
        self.queue_size = queue_size
        if algorithm.__name__ in ['EDF', 'RM']:
            self.algorithm = algorithm
        else:
            self.algorithm = EDF
        self.tact_size = tact_size
        self.stats = {
            'avg_wait_time': 0,
            'complete': 0,
            'free_time': 0,
            'avg_queue_length': 0,
            'queue_length': [],
            'discarded': []
        }
        self.rt_queue = []
        self.sys_clock = 0
        self.remainder_tact_time = 0
        self.processing = 0

    @property
    def schedule(self):
        while True:
            if self.processing == 0:
                all_tasks = len(self.rt_queue)
                # discard tasks with expired deadline
```

```
            self.rt_queue = [task for task in self.rt_queue if task.deadline > self.sys_clock]
            filtered = len(self.rt_queue)
            self.stats['discarded'].append(all_tasks - filtered)
        if len(self.rt_queue) == 0 and len(self.queue) == 0:
            # if all tasks complete break the loop
            break
        if len(self.queue) != 0 and self.remainder_tact_time == 0:
            # a new task comes if there are any in the queue and its a start of the tact!
            self.rt_queue += self.queue.pop(0)
            # recording queue length
            self.stats['queue_length'].append(len(self.rt_queue))
        if self.processing == 0:
            # if no task is processed sort tasks in queue according to algorithm
            self.rt_queue = self.algorithm.sort_tasks(self.rt_queue)
        if len(self.rt_queue) != 0:
            if self.remainder_tact_time != 0:
                if self.rt_queue[0].wcet > self.remainder_tact_time:
                    # if we can't do a task in one tact
                    self.sys_clock += self.remainder_tact_time
                    self.rt_queue[0].wcet -= self.remainder_tact_time
                    self.processing = 1
                    self.remainder_tact_time = 0
                else:
                    # if we can do a task in one tact
                    self.remainder_tact_time -= self.rt_queue[0].wcet
                    self.sys_clock += self.rt_queue[0].wcet
                    self.stats['avg_wait_time'] += self.sys_clock - self.rt_queue[0].start -
self.rt_queue[0].wcet
                    # print('SysClock {} Task start time {} Task solution time
{}'.format(self.sys_clock,
                    #                                                 self.rt_queue[0].start,
                    #                                                 self.rt_queue[0].wcet))
                    self.stats['complete'] += 1
                    self.processing = 0
                    del self.rt_queue[0]
            else:
                # if we have no time in this tact left, proceed to the next tact
                if self.rt_queue[0].wcet > self.tact_size:
                    # if solution time is too long for next tact
                    self.rt_queue[0].wcet -= self.tact_size
                    self.processing = 1
                    self.remainder_tact_time = 0
                    self.sys_clock += self.tact_size
                else:
```

```
                # if task can be complete
                self.sys_clock += self.rt_queue[0].wcet
                self.stats['avg_wait_time'] += self.sys_clock - self.rt_queue[0].start -
self.rt_queue[0].wcet
                self.stats['complete'] += 1
                self.remainder_tact_time = self.tact_size - self.rt_queue[0].wcet
                self.processing = 0
                del self.rt_queue[0]
        else:
            if self.remainder_tact_time != 0:
                self.stats['free_time'] += self.remainder_tact_time
                self.sys_clock += self.remainder_tact_time
                self.remainder_tact_time = 0
            else:
                self.sys_clock += self.tact_size
                self.stats['free_time'] += self.tact_size

    print(self.stats)

    self.stats['avg_wait_time'] = (self.stats['avg_wait_time'] / self.stats['complete'])
    self.stats['avg_queue_length'] = sum(self.stats['queue_length']) / self.queue_size

    return self.stats
```

Task.py

```
class Task:
    def __init__(self, start, wcet, deadline):
        self.start = start
        self.wcet = wcet
        self.deadline = deadline
```

EarliestDeadlineFirst.py

```
class EDF:
    @staticmethod
    def sort_tasks(queue):
        queue.sort(key=lambda el: el.deadline)
        return queue
```

RateMonotonic.py

```
class RM:
    @staticmethod
    def sort_tasks(queue):
        queue.sort(key=lambda el: el.wcet)
```

```
        return queue
```

PoissonGenerator.py

```
import numpy as np
import random as r
from Task import Task


class Generator:
    def __init__(self, intensity, tact_number):
        self.poisson = np.random.poisson(intensity, tact_number)
        self.intensity = intensity
        self.queue_size = tact_number

    def generate_queue(self, solution_time):
        queue = []
        for i in range(len(self.poisson)):
            tact = []
            for j in range(self.poisson[i]):
                margin = r.uniform(solution_time * 0.2, solution_time * 0.4) / 2
                if r.random() < 0.5:  # Erlang flow takes every second task
                    tact.append(Task(i, solution_time + margin, i + (solution_time + margin) +
r.randint(4, 10)))
                else:
                    tact.append(Task(i, solution_time - margin, i + (solution_time - margin) +
r.randint(4, 10)))
            queue.append(tact)
        return queue
```