학과 : 지능정보공학부 휴먼지능정보공학과
학번 : 201810776
조명 : 천지창조
이름 : 소재휘
과목 : 운영체제
과제명 : FCFS 알고리즘 구현

I. FCFS란?

운영체제에서는 여러 개의 프로세스의 실행을 효율적으로 처리하기 위해서 프로세스가 실행되는 순서를 정하는, 즉 프로세스가 중앙처리장치(CPU)를 점유하는 순서를 정해주는 스케줄링을 사용한다. 스케줄링 기법으로는 크게 하나의 프로세스의 작업이 완료될 때 까지 CPU를 독점하는 비선점형 스케줄링 방식과 한 프로세스가 CPU를 점유하고 있을 때 다른 프로세스가 CPU를 빼앗을 수 있는 선점형 스케줄링 방식이 있다.

FCFS란 비선점형 스케줄링 방식이다. FCFS는 라운드 로빈과 달리 한 프로세스의 작업이 끝날 때 까지 문맥 교환이 일어나지 않는다는 점이 특징이다. 따라서 문맥 교환에 쓰이는 버스트 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 또한 여러 비선점형 스케줄링 방식 중 우선순위 등을 두지 않고 도착 시간(Arrival time)에 따라서만 스케줄링을 한다는 점이 특징이다. 따라서 처리 시간이 긴 프로세스가 CPU를 계속해서 독점하여 비효율적인 작업을 하게 되며 다른 프로세스들은 작업을 할 수 없는 콘보이 효과가 나타난다. 따라서 이는 대화형 시스템에 적합하지 않고 일괄 처리 시스템에서 적절한 스케줄링 방식이라고 할 수 있다.

II. FCFS 알고리즘

앞의 과제였던 라운드 로빈과 다른 점들을 위주로 FCFS 코드를 구현할 때 생각할 점들이 있었다.

1. FCFS 설계할 시 적합한 컴퓨터 언어
2. timeout()과 dispatch(), exit()의 조건을 어떻게 구현할 것인가?
3. Arrival time 고려하기.

3-1. 큐에 프로세스가 없을 경우 고려(큐에 프로세스가 들어오지 않은 상태(없는 상태)에서는 WT와 TT를 증가시키면 안 되며 프로세스가 큐에 도착할 때 까지 기다려야 한다.)

3-2. 라운드 로빈 알고리즘이 작동 도중 프로세스가 도착했을 경우 어떻게 할 것인가?

4. 프로세스들이 작업할 때 Wait time과 Total time을 어떻게 계산할 것인가?

우선 앞의 라운드 로빈과 마찬가지로 언어로 자바를 선택하였다. 이 역시 프로세스 객체간의 상호작용을 구현하는 것을 목표로 하기에 객체지향 언어인 자바가 적절하다고 판단하였다.
다음을 고려하면서 **직접!** FCFS를 자바를 통해 구현하였다.

```
public class FCFSmain {

	public static void main(String[] args) {
		Scheduler s1 = new Scheduler(4);		//스케줄러 생성. ***생성자 입력 : (프로세스 개수)***
		s1.createProcess();			//프로세스 생성
		s1.getReadTime();			//RT 설정
		s1.readyQueueing();			//FCFS 준비
		s1.fcfsScheduling();			//FCFS 스케줄링
		s1.showResult();			//결과 출력

}
```

다음은 FCFS의 메인 함수이다. 다음 순서로 FCFS 스케줄링을 진행할 것이다. FCFS는 라운드 로빈과 달리 타임 슬라이스가 존재하지 않으므로 생성자로 프로세스 개수만을 받았다.

```
public class Process implements Comparable<Object>{

	protected int pid;
	protected int AT;		//Arrival time  준비 큐에 프로세스가 도착하는 시간. 도달 시간
	protected int RT;		//Burst time 버스트 시간. 프로세스가 작업을 완료하는 데에 필요한 CPU를 점유시간
	protected int WT;		//Wait time	준비 상태에서 dispatch를 기다리는 시간
	protected int TT;	//Total time  모든 프로세스의 작업을 처리하는 데에 걸리는 시간 Run time+Wait time
	protected int ATcheck;		//진행중인 시간과 AT를 비교하기 위해 만든 변수
	protected int RTcheck;		//진행중인 시간과 RT를 비교하기 위해 만든 변수
	protected int index;		//AT 오름차순으로 정렬 시의 순서 index
	protected boolean flag=false;	//AT가 지나고 준비 큐에 도달했는지에 대한 여부


	@Override		//Sort시 AT가 작은 순서로 정렬
	public int compareTo(Object o) {
		Process p = (Process)o;
		return Integer.compare(this.AT, p.AT);
	}
}
```

다음은 프로세스 클래스의 내용이다. 큐까지 프로세스가 도달하는 시간 AT, 작업을 완료하기 위해 필요한 CPU 점유시간인 RT, 큐에서 프로세스가 대기하는 시간인 WT, 프로세스가 작업을 완료할 때 까지 걸리는 시간(Response time+Wait time)TT를 속성으로 넣었으며 프로세스를 구분하기 위해서 PID, 그 외에 알고리즘 계산 과정에서 필요한 일부 변수들을 넣었다.

```
public class Queue {
	int MAX_QUEUE_SIZE;
	Process data[];		//프로세스를 넣을 수 있는 큐 배열
	int front;
	int rear;
	public void init_queue(Queue q1)//큐 초기화
	public boolean is_empty(Queue q1)//공백 상태 검출
	public boolean is_full(Queue q1)//포화 상태 검출
	public void en_queue(Queue q1, Process p1)//enqueue
	public Process de_queue(Queue q1)//dequeue
}
```

다음은 준비 큐를 구현하기 위해서 만든 클래스이다. 매서드의 내용은 전형적인 원형 큐이므로 생략하도록 하겠다. 이곳에는 생략했지만 생성자를 통해 MAX_QUEUE_SIZE를 받는다.

```
public class Scheduler {
	int processNum;	//프로세스 개수
	int totalTime; //모든 프로세스의 RT의 합, 총 CPU 점유시간
	Queue queue;		//대기 큐
	Process selected; //선택된 프로세스
	ArrayList<Process> processArr = new ArrayList<Process>();


	//프로세스의 총 개수를 생성자로 받음
    Scheduler(int number){
	this.processNum=number;
    }
```

다음은 스케줄러 클래스이다. 이 클래스 내에서 전반적인 FCFS 스케줄링이 이루어지게 된다. 우선 기본적인 속성으로 프로세스의 개수와 시간을 계산할 때 쓰일 totalTime, 프로세스들이 대기하게 될 큐와 프로세스 배열 등이 속성으로 존재한다. 생성자로는 선점형 스케줄링 방식으므로 타임 슬라이스 없이 프로세스의 총 개수만을 받았다.

```
    //프로세스 개수만큼 프로세스를 생성하고 배열리스트에 추가
    void createProcess(){
	for(int i=0; i<this.processNum; i++) {
		processArr.add(new Process());
		processArr.get(i).pid=i+1;
		processArr.get(i).AT = (int)(Math.random()*20)+1;
	}
    }
```

프로세스를 프로세스 개수만큼 생성해 주는 함수이다. 이 때 PID 번호와 1~20 사이의 Arrival time을 랜덤으로 부여받는다.

```
 //프로세스들의 작업시간 입력
    void getReadTime() {
		Scanner sc = new Scanner(System.in);
		for(int i=0; i <this.processNum; i++) {
			System.out.printf(i+1 + "번째 프로세스 작업시간 입력: ");
			processArr.get(i).RT= sc.nextInt();
			this.totalTime += processArr.get(i).RT;	//작업시간들의 총 시간
		}
		sc.close();
    }
```

프로세스들의 작업 시간을 입력받는 함수이다. 각각의 프로세스 마다 필요한 CPU 버스트 타임을 입력받고 totalTime을 갱신한다.

```
//현재 시간과 프로세스의 RT비교와  대기 큐에 있는 WT계산, 총 TT를 계산한다.
void timeCalculate(int sequence) {
        processArr.get(sequence).RTcheck++; //현재 dispatch된 프로세스의 RT와 진행시간을 비교하고  TT를 계산한다.
        processArr.get(sequence).TT++;
                for(int t=0; t<processNum; t++) {
                        //현재 dispatch되지 않고 준비 큐에 있는 프로세스들의 wait time과 turn around time 계산
        if(t!=sequence && processArr.get(t).RT != processArr.get(t).RTcheck && processArr.get(t).flag==true) {
                        processArr.get(t).WT++;
                        processArr.get(t).TT++;}
                }
}
```

현재 CPU를 점유하는 프로세스(selected)의 작업 시간(RT)과 준비 큐에서 대기 상태인(selected가 아닌) 프로세스들의 대기 시간(WT), 그리고 모든 프로세스들의 총 작업 시간(TT)을 계산하거나 비교하는 함수이다. 이를 구현하기 위해서 현재 점유 중인 프로세스의 index번호를 매개변수로 받아 프로세스 판별 후 해당 프로세스의 시간을 계산하였다.

```
//프로세스들의 Arrival time을 계산함과 동시에 Arrival time이 지난 프로세스를 큐에 집어 넣는다.
void timeCalculateAT() {
        for(int i=0; i<processNum; i++) {
                if(processArr.get(i).flag==false) {
        processArr.get(i).ATcheck++;  //각 프로세스들마다 AT와 비교하기 위한 ATcheck를 증가시킨다.}
                if(processArr.get(i).ATcheck==processArr.get(i).AT&&processArr.get(i).flag==false) {
        queue.en_queue(queue, processArr.get(i)); //AT에 도달하였고 준비 큐에 들어오지 않은 프로세스들을 enqueue한다.
                        processArr.get(i).flag=true;  //준비 큐에 도달했다는 flag를 true로 만든다.
                        System.out.printf("(%darrive)", processArr.get(i).pid);
                }
        }
}
```

FCFS 또한 스케줄링의 기본이 큐에 도착하는 순서대로 CPU 점유, 즉 Arrival time을 계산하는 것이 필수적이다. 이는 라운드 로빈과 마찬가지로 Arrival time을 고려하기 위해서 만든 AT 계산 함수이다. 이 함수가 실행될 때마다 flag가 false인 Arrival time이 계산이 되고(flag는 준비 큐에 프로세스가 도착했는지의 여부를 판단하는 boolean), AT가 충족이 되었는데 flag가 false인 경우 프로세스가 도착한 것으로 판단하고 해당 프로세스를 준비 큐에 enqueue시킨다.

```
//FCFS 준비. 큐를 생성하고 큐에 첫번째 프로세스가 들어올 때까지 대기
void readyQueueing() {
        Collections.sort(processArr);     //프로세스들을 AT에 따라 오름차순으로 정렬
        for(int i=0; i<this.processNum; i++) {     //현재 정렬된 프로세스들의 정보 출력
                processArr.get(i).index=i;
System.out.printf("pid : %d, AT : %d RT : %d\n", processArr.get(i).pid, processArr.get(i).AT, processArr.get(i).RT );
        }
        this.queue = new Queue(processNum+1);    //큐 생성
        queue.init_queue(queue);                  //큐 초기화
}
```

FCFS 알고리즘을 시작하기 전의 준비 단계로 프로세스들이 대기할 큐를 생성하며 먼저 도착한 프로세스들을 판단하기 위해서 AT에 따라 정렬한 후 index를 부여해준다.

```
//준비 큐에 프로세스가 있는지를 확인하는 작업
void is_have_process() {
        //만약 준비 큐에 프로세스가 없다면 Arrival time을 계산하며 큐에 프로세스가 도착할 때 까지 while을 통해 대기한다.
                while(queue.is_empty(queue)==true) {
                        timeCalculateAT();
                if(queue.is_empty(queue)==true) {
                        System.out.printf("*");
                        }
                }
}
```

Arrival time을 생각할 때 고려해야 할 점에는 라운드 로빈의 큐와 마찬가지로 시작할 때, 혹은 알고리즘 과정 도중 큐에 어떠한 프로세스도 도착하지 않은 경우가 있을 수 있다. 이를 위해서 만든 함수로 queue가 비어있는 동안은 timeCalculateAT()를 반복하여 Arrival time을 계산해주면서 프로세스가 도착하는 것을 기다린다.

```
//FCFS 스케줄링
void fcfsScheduling() {
        int time = 1;       //현재 진행 시간

        //*FCFS 초기 시작*
        is_have_process(); //큐에 프로세스가 있는가의 여부
        selected=queue.de_queue(queue);     //CPU에서 작업할 프로세스를 dequeue한다.
        //진행 시간에 따른 AT, RT, WT, TT를 계산해준다.
        timeCalculateAT();
        timeCalculate(selected.index);
        System.out.printf("%d", selected.pid);

                //**************FCFS 알고리즘***************
        while(time<totalTime) {

                timeCalculateAT(); //AT 계산
                //해당 프로세스가 작업이 끝난 경우(exit) 문맥 교환을 해준다.
                if(processArr.get(selected.index).RTcheck>=processArr.get(selected.index).RT) {

                        is_have_process();//큐에 프로세스가 있는지를 검사. 없다면 프로세스가 도착할 때 까지 대기
```

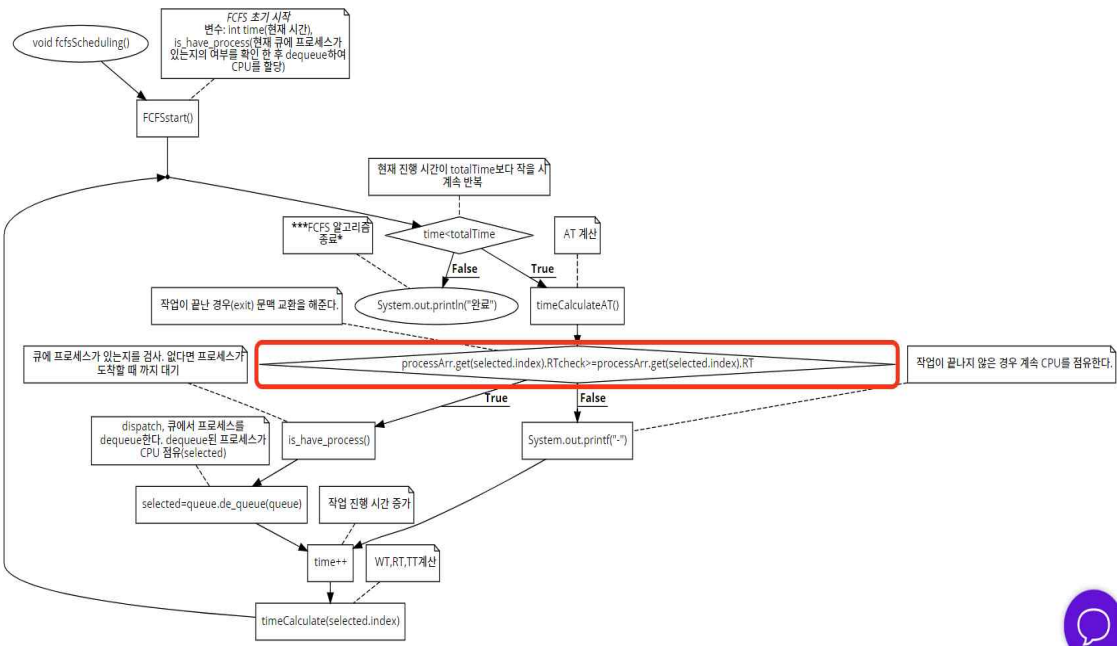
```
                        System.out.printf("%d",  selected.pid);
                    }
                    else {
                    System.out.printf("-");
                    }
            time++;    //작업 진행 시간 증가
            timeCalculate(selected.index);
        }
            //***********FCFS 알고리즘 종료*****************

             System.out.println("완료");
             }
```

FCFS의 핵심 알고리즘을 수행하고 있는 함수이다. 큐에 프로세스가 도착했는지의 여부를 확인한 후 도착한 프로세스를 dequeue하면서 CPU 할당을 해주게 되며 이 과정에서 AT,RT,TT,WT를 계산한다. 라운드 로빈과는 달리 FCFS에서의 문맥 교환이 이루어지는 시점은 CPU를 점유한 프로세스의 작업이 모두 끝났을 때 일어나게 된다. 따라서 해당 조건에만 문맥 교환을 해주면 된다. 이 과정은 반복문을 통해 필요한 CPU 점유시간이 사용될 때까지(모든 프로세스가 작업을 끝낼 때 까지) 반복하게 된다.

```
 //결과 출력
void showResult(){
            System.out.println("(PIDarrive):큐에 해당 프로세스 arrive, 숫자(PID) : 해당 pid가 CPU 점유, - : CPU점유, * : 큐에 프로세스가 도착하지 않음");
            System.out.printf("프로세스 개수 : %d\n", processNum);
            for(int i=0; i<this.processNum; i++) {
                        System.out.printf("Process[PID : %d] :  AT : %d, RT : %d, WT : %d TT : %d\n",
            processArr.get(i).pid,processArr.get(i).AT,processArr.get(i).RT,processArr.get(i).WT,processArr.get(i).TT);
                        }
            }
```

결과를 출력하는 함수이다. 최종적인 프로세스별로 Wait time과 Total time을 계산한 결과를 알려 준다.

III. 알고리즘 순서도(Flow chart)



위의 코드를 순서도로 표현하여 FCFS를 구현한 알고리즘의 흐름을 한 눈에 파악할 수 있도록 만들어 보았다.

알고리즘 설계 시 고려 사항들이 있었는데 그것들을 중점으로 순서도를 설명하고자 한다.

1. 기본적으로 모든 프로세스들이 작업을 마칠 때 까지(exit()할 때 까지) while 루프가 반복되는 형태이다.
2. 시간들의 계산은 while문 안에서 time이 증가할 때 마다 timeCalculate()를 통하여 주기적으로 계산하였다.
3. dispatch(), exit()의 조건은 각각 처음 라운드 로빈을 처음 시작할 때나 문맥 교환이 일어날 경우 큐에 프로세스가 남아있을 경우 dispatch(), 모든 작업이 끝나 RT와 RTcheck가 일치하는 경우 exit()하는 것으로 설계하였다.
4. Arrival time을 고려하기 위해서 time이 증가할 때 마다 ATcheck()를 통하여 Arrival time을 계산해주었다. 또한 enqueue(dispatch())전에 is_have_process()를 통하여 큐에 프로세스가 있는지를 확인하였으며 프로세스가 없다면 time을 증가시키지 않고 ATcheck()를 반복하며 큐에 프로세스가 도착할 때 까지 대기하는 것으로 알고리즘을 설계하였다.

IV. 결과 분석

```
1번째 프로세스 작업시간 입력: 5
2번째 프로세스 작업시간 입력: 4
3번째 프로세스 작업시간 입력: 3
4번째 프로세스 작업시간 입력: 2
pid : 3, AT : 3 RT : 3
pid : 4, AT : 3 RT : 2
pid : 1, AT : 8 RT : 5
pid : 2, AT : 17 RT : 4
**(3arrive)(4arrive)3--4(1arrive)-1----**(2arrive)2---완료
(PIDarrive):큐에 해당 프로세스 arrive, 숫자(PID) : 해당 pid가 CPU 점유, - : CPU점유, * : 큐에 프로세스가 도착하지 않음
프로세스 개수 : 4
Process[PID : 3] :  AT : 3, RT : 3, WT : 0 TT : 3
Process[PID : 4] :  AT : 3, RT : 2, WT : 3 TT : 5
Process[PID : 1] :  AT : 8, RT : 5, WT : 1 TT : 6
Process[PID : 2] :  AT : 17, RT : 4, WT : 0 TT : 4
```

(프로세스 개수 4: Scheduler s1 = new Scheduler(4);)
시작할 때 큐에 프로세스가 도착하지 않았을 경우 PID 3에 해당하는 프로세스가 도착할 때 까지((3arrive)로 출력되는 부분) *로 결과가 출력되어 큐에 프로세스가 도착할 때 까지 대기하는 것을 확인 할 수 있다. 작업을 마치게 되면 문맥 교환도 잘 일어난다. 또한 라운드 로빈 도중 PID:1과 PID:2에서의 문맥교환을 보면 문맥교환 할 프로세스가 큐에 없을 시 *을 통해 대기하는 것 또한 확인이 되었다. 따라서 FCFS가 잘 구현되었음을 확인할 수 있다.