Process scheduling

一、概念

1. Motivation

- 机制Mechanisms：底层实现方式/协议

  content switch，paging，lock，用queue实现FIFO，time-slice多长，MMU for 虚拟内存管理

- 策略policy：何时调用机制，做出决定

  cache中LRU replacement，FIFO，schedule decisions

策略机制独立。

WorkLoad假设：

1. 每个任务运行相同的时间。
2. 每个任务在相同的时间到达。
3. 调度一个任务之后，会一直占用CPU。
4. 所有的人都使用CPU，不考虑IO：不让出CPU等待IO
5. 每个任务的运行时间已知：我们像先知一样把所有事情都放到最理想的情况下。

度量：

- Turn around time：**完成**job时刻 - job**到达**时刻。性能指标。
- response time：job**开始执行**时刻 - job**到达**时刻。交互性指标。

2. FIFO：First In, First Out

> 也叫FCFS：First come，first served

特点：

1. 每个job执行不会被打断
2. 先来先执行：排队执行

缺点：

若执行时间不同，对于turnaround度量来说，更希望先去调度任务短的。

3. SJF: Shortest Job First

特点：（放宽假设1）

- 最短任务先执行：比较的是原始执行时间（非剩余时长）
- non-preemptive 非抢占式：job中途不打断
- preemptive 抢占式：job中途打断，但是此时大job可能剩余不多（但比较的是原始时长）

缺点：

如果不同时到达，且不能抢占的话：考虑大job先到达的场景

4. STCF：Shortest Time-to-Completion First

特点：（放宽假设1，2，3）

- 最短任务先执行：这里比较的是执行剩余时长。
- **preemptive** 抢占式： 新job到达，发生重新调度。允许小任务打断大任务。

缺点：

fairness

5. RR：Round Rabin

轮询：引入时间片的机制，不但要抢占，也最好不要让一个job一直占用CPU。增加了turnaround time，但是大大减少了response time。是一种权衡。

> 实际情况下，round rabin在每一次切换的时候会引入额外的上下文切换的开销，总的时间会更久一点。要flush TLB entry的缓存，被换进来的任务肯定是比连续跑的TLB慢一点，包括流水线也得全部刷掉。所以不可能把时间片无限缩小，这会加大时间片切换的额外开销。

特点：（可放宽假设4）

运行满一个time slice就切换。可认为每个时间片是单独的子任务。

I/O和CPU的协作：可能需要两个来维护running和suspend状态的队列。

6. MLFQ：Multi-Level Feedback Queue

最后放宽假设5，在无法预知任务时长下，优化turn around time和response time。

核心想法：从历史中进行学习（feedback），在执行时调整，来预测未来的情况。（凡是带有预测的，基本上都是这种learning from history策略。）

特点：

1. 有多个running队列。不同的priority。一个队列中的策列可以是随机或RR。
2. 带有feedback来调整策略：如运行满一个time slice未完成就降低priority，新来的priority高，任务会在不同队列移动。
3. 把任务变成很多阶段，认为一个阶段内的行为是有连续性的，行为是可以通过一个阶段内之前的行为来预测的。
4. friendly to short jobs

缺点：

1. 饥饿问题。没有上升的机制，底层long-running任务可能一次都没有机会得到执行。
2. 一些小技巧可以骗取更多的CPU，比如一个long-running任务，在时间片结束之前主动调用yield（主动放弃CPU不降级），这个任务就可以和交互式任务来抢CPU。
3. 程序可能会改变行为。开始是交互式的，然后变成long-running，再变成交互式的，但没有上升的策略。

解决方法（下方规则4、5）

改变priority规则：

1. 新job最高优先级
2. 用完整个time slice后降级
3. time slice内主动释放CPU，priority不变。
4. 周期性的boost：一段时间S后，将所有工作放到最高优先级。
5. （修改2、3）比较早放弃CPU的job才认为是交互式的，否则就踢到下面去（存在一个阈值）。

二、习题

1. preemptive

> Assume we have the following two jobs in the workload and **no I/O issues** are involved. Please fill in the following tables with the execution of CPU when we decide to use different schedule policies respectively. Suppose when a job arrives, it is added to the tail of a work queue. The RR policy selects the next job of the current job in the queue. The **RR** time-slice is 2ms. (**NOTE**: Time 0 means the task running during [0ms,1ms])

Job	Arrival Time	Length of Run-time
A	0ms	4ms
B	2ms	2ms
C	5ms	3ms
D	9ms	4ms

> 2. We decide to use **MLFQ** scheduling policy with **two priority queues**, the highest one has time-slice of **1ms**, the lowest one has time-slice of **2ms**. We use RR in each queue and priority boost **isn't supported**. Following table shows the execution of CPU. Please fill in the blanks. (8')

题目说明：

- 新job放在队尾
- RR选择是按队列顺序
- 没有说明non-preemptive，说明要考虑抢占

1. FIFO

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	D	D
A到		B到			C到				D到			

turnaround= $\frac{(4-0)+(6-2)+(9-5)+(13-9)}{4}=4$

response = $\frac{(4-2)+(6-5)+(9-9)}{4}=0.75$

2. SJF(抢占)

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A	A	**B**	B	A	**C**	C	C	A	D	D	D	D
A到		B到			C到				D到			

turnaround= $\frac{(9-0)+(4-2)+(8-5)+(13-9)}{4}=4.5$

response = 0

3. STCF

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	D	D
A到		B到			C到				D到			

- STCF本身自带抢占机制

turnaround= $\frac{(4-0)+(6-2)+(9-5)+(13-9)}{4}=4$

response = $\frac{(4-2)+(6-5)+(9-9)}{4}=0.75$

4. RR（time slice = 2）

时间	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
执行	A	A	B	B	A	A	C	C	C	D	D	D	D
到达	A到		B到			C到				D到			
队列	A	A	BA	BA	A	AC	C	C	C				

B先加到队尾，然后刚刚执行完的A才放到队尾。

turnaround= $\frac{(6-0)+(4-2)+(9-5)+(13-9)}{4}=4$

response = $\frac{6-5}{4}=0.25$

5. MLFQ（higher timeslice=1，lower timeslice=2）

时间	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
执行	A	A	**B**	A	B	C	A	C	C	D	D	D	D
到达	A到		B到			C到				D到			
队列1	A		B			C							
队列2		A	A	AB	BA	A	AC	C					

- t=2时被抢占，并且t=3和t=4从A换到B是因为A在被抢占之前已经执行了1ms，可以看作t=1~3中A的2ms timeslice中间被暂停了1ms(如果非抢占不暂停)
- t=5时B运行结束，虽然没用完timeslice但是不会给A

turnaround= $\frac{(7-0)+(5-2)+(9-5)+(13-9)}{4}=4.5$

response = $\frac{0}{4}=0$

2. RR

The following table shows the information of four jobs. No I/O issues are involved.

Job	**Arrival Time**	**Length of run-time**
A	0ms	9ms
B	2ms	6ms
C	6ms	5ms
D	8ms	1ms

- The RR time-slice is 1ms
- Suppose when a job arrives, it is added to the tail of a work queue. The RR policy selects the next job of the current job in the queue.

时间	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
执行	A	A	B	A	B	A	B	C	A	B	D	C	A
到达	A到		B到				C到		D到				
队列	A	A	BA	AB	BA	AB	BCA	CAB	ABDC	BDCA	DCAB	CAB	ABC

时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21
执行	B	C	A	B	C	A	C	A	
到达									
队列	BCA	CAB	ABC	BCA	CA	AC	CA	A	

先将新到的加入队尾，再将执行完的放到队尾

turnaround= $\frac{(21-0)+(17-2)+(20-6)+(11-8)}{4}=13.25$

response = $\frac{(0-0)+(2-2)+(7-6)+(10-8)}{4}=0.75$

3. MLQF（boost）

Suppose we use **MLFQ** scheduling policy. (8')

- There are 3 priority queues Q0, Q1, and Q2; Q2 has the **highest** priority, and Q0 has the **lowest** priority.
- **FIFO** is used in each queue.
- The CPU scheduling is carried out only at completion of processes or time-slices.
- The following table shows the **arrival time** of jobs in the workload.

Job	Arrival Time
A	0ms
B	7ms
C	15ms
D	19ms

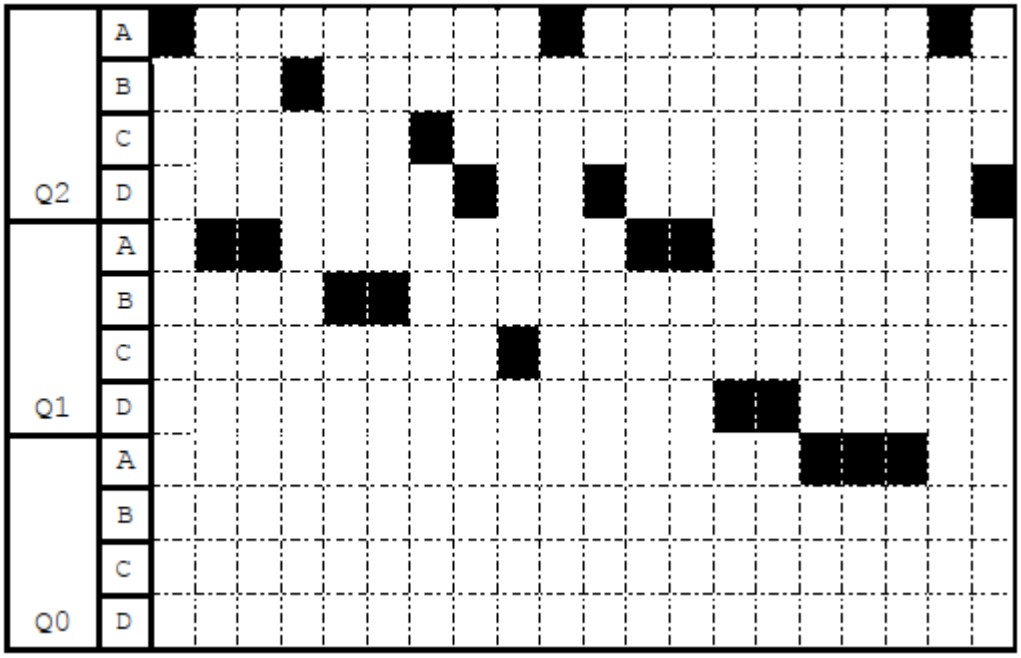
Following table shows the execution of CPU. No I/O issues are involved. NOTE: X represents an unknown time quantum

Time	0	X	3X	4X	6X	7X	8X	9X	10X	11X	13X	15X	19X
CPU	A	A	B	B	C	D	C	A	D	A	D	A	D

1) Please determine the following values. (All the answers are integers) (10')

X: [1] ms Time-slices: **Q2** = [2] ms, **Q1** = [3] ms, **Q0** = [4] ms **Time between two priority boosting**: [5] ms

(The Figure shows the details of execution flow)



X: 3 ms Time-slices: **Q2** = 3 ms, **Q1** = 6 ms, **Q0** = 9 ms **Time between two priority boosting**: 27 ms

2) Based on the above execution, can you list an unwise parameter of this **MLFQ** scheduling policy, and explain why? (3')

The time between two priority boosting is too short. Jobs can hardly run in Q0.