

必修实验一 多进程并发环境模拟以及低级调度算法的仿真实现

一、实验目的

通过程序仿真掌握并发环境、进程 PCB 与控制操作原语、进程切换以及进程调度算法的原理、过程与实现步骤；

二、实验内容

1、采用面向对象思想抽象仿真设计 CPU、寄存器、时钟中断等硬件部件

(1) CPU 与寄存器的抽象设计

CPU 可抽象为一个类。关键寄存器可抽象为子类或类的属性，至少包括：程序计数器（PC）、指令寄存器（IR）、状态寄存器（PSW）等，寄存器内容的表示方式自行设计。

CPU 模式切换中 CPU 寄存器现场保护、现场恢复操作可封装为类的方法。

(2) 时钟中断的抽象设计

可抽象为一个时钟类，也可用第三方的计时器、线程等仿真。读取当前机器时间、将当前机内时间转换为毫秒为单位的整数、随机整数生成等操作可以封装为方法。

本实验，假设计算机 10 毫秒(ms)发生一次时钟硬件中断，每次发生时钟中断时可以采用软件轮询方式检查当前时刻是否新任务的请求，随机动态生成任务请求序列。

进程调度模块与任务请求模块并发。进程调度模块中基础时间片长短是 10ms 的整数倍（建议 1 秒）。需要重点注意的是：不是每次发生时钟中断都要进行进程调度。

本实验仿真时钟中断是为了仿真多进程的并发请求，模拟并发环境。进程任务的并发请求与进程调度模块最好并发执行

2、仿真实现进程 PCB 及其控制操作

(1) 进程控制块 PCB 设计

参照 Linux task_struct 的数据结构内容设计；至少包含：进程编号（ProID），进程优先数（Priority）、进程创建时间（InTimes）、进程状态（ProState）、进程运行时间（RunTimes）、进程包含的指令数目（InstrucNum）、编号指令（Instruc_ID）、每条指令的状态标志（Instruc_State，0 表示核心态、1 表示用户态）、单指令运行时间（Instruc_Times）、进程当前状态（PSW）等信息。

时间单位均为毫秒。本实验中，进程之间创建时间差控制在 1 分钟以内；所有进程控制在 2 分钟以内全部生成。可自行扩展设计。

例如：

Pro ID	Prio rity	InTime s (ms)	ProS tate	RunTime s (ms)	Instr ucNum	PSW	Instruc _ID	Instruc _State	Instruc _Times (ms)
1	2	300			5	1	1	1	30
							2	1	10
							3	1	30
							4	2	50
							5	1	20
							6	2	50
2	3	350			3	1	1	1	30
							2	1	20

							3	1	10
							4	2	50
3	1	400			3	1	1	1	30
							2	1	40
							3	2	50
							4	1	10

说明：

★请求运行的并发进程个数可以随机产生[5-10]以内随机整数，也可以事先设定初始值。

★进程创建时间（InTimes）：程序运行从 0 开始计时，生成进程的时间间隔控制在 1 分钟以内，需要保证出现进程并发情景。

★进程运行时间（RunTime）：统计记录进程当前已运行了多少时间，此字段开始时为空，进程运行过程中不断保存和记录。

★进程包含的指令数目（InstrucNum）：用[5-20]以内的随机整数产生；

★编号指令（Instruc_ID）：进程所执行指令序号，根据 InstrucNum 数字生成。本试验假设 CPU 在执行一条机器指令时必须完成，不可以中断。

★每条指令的类型标志（Instruc_State，0 表示系统调用、1 表示用户态计算操作、2 表示 PV 操作）：用随机数产生 0、1、2。

当 Instruc_State=0 时，发生系统调用，CPU 进行模式切换，原进程进入阻塞态；

当 Instruc_State=2 时，发生系统调用，进程进入阻塞态；

如果希望简化问题，可以不考虑产生 Instruc_State=0 的指令；对于学有余力的同学来说，可以产生 Instruc_State=0 的指令，进行系统调用。

★指令运行时间（Instruc_Times）：该条指令完成需要的时间，本实验假设 CPU 在执行一条机器指令时必须完成，不可以中断。

当 Instruc_State=0 或 1 时，Instruc_Times=产生[10-40]之间的随机 10ms 倍数的整数；

当 Instruc_State=2 时，Instruc_Times=50，用户进程发生 PV 阻塞请求，并假设完成 I/O 数据通信时间为 50ms，之后可唤醒。

★PSW 中保存该进程当前执行的指令编号。例如，1 表示正在执行第 1 条指令

（2）系统 PCB 表的设计

参考教材完成，需要设计系统空白 PCB 表，可用数组实现。

（3）仿真实现进程控制原语

包括进程创建、进程撤销、进程阻塞、进程唤醒等原语函数，按照教材步骤仿真实现。这些原语，可以作为 PCB 类的方法来实现。本次实验至少要实现进程创建原语。

（4）仿真实现进程上下文切换

进程切换至少要仿真实现运行态与就绪态之间的转换。有能力的同学仿真实现运行态-阻塞态-就绪态。阅读教材实现进程上下文切换。

（5）仿真实现处理机模式切换（提高部分）

学有余力的同学，仿真实现处理机模式切换。需要体现关中断，不发生进程切换。阅读教材设计实现。

3、多道程序的并发环境模拟

(1) 设计实现进程任务并发请求序列生成器模块

按照第 2 (1) PCB 设计内容生成若干个仿真进程并保存到名为“学号-pcbs-input”文件中。该模块不用每次运行程序时自动生成，可以事先生成，人工修改。

(2) 设计实现并发进程动态监测模块

将“学号-pcbs-input”文件中仿真的进程请求序列调入内存，每 20ns（一次时钟中断）根据当前机内时间检查是否有进程事件请求，如果有，创建新进程，进入就绪队列。

建议可用多线程、计时器或整数计数实现。

4、仿真实现进程低级调度算法模块

与多道程序的并发环境模拟模块并发执行。进程调度模块中，每种调度算法都有基础时间片，为 10 的整数倍，**建议：每 1 秒检查一次。**

本次实验调度的并发进程必须从“学号-pcbs-input”文件中读入，至少实现时间片轮转、时间片轮转+优先数调度算法、动态优先级调度算法和多级反馈队列调度算法中的一种。时间片大小、优先数等可自行设计计算。

申请优秀同学必须实现上课讲解的 UNIX 调度算法。

算法设计注意事项如下：

(1) 动态优先级调度算法中，优先级变化规则可采用 PPT 中给出的 UNIX 调度算法计算。

(2) 时间片轮转+优先数调度算法中，进程占用 CPU 的时间片由每个进程的优先数来确定，规则根据教材来定（建议为 1 秒）。建议参考 UNIX 系统的调度算法。

5、实现进程调度运行记录保存与显示模块

(1) 进程调度运行记录信息保存

将进程事件请求调度的原始信息、进程执行状态、CPU 状态的变化情况、进程调度序列、每个进程的指令执行序列和情况、每个进程获得 CPU 的调度时间，周转时间、带权周转时间以及 CPU 利用率等动态信息加标记保存为进程运行记录文件（文件名：学号_RunResults.txt）。

(2) 进程调度运行记录信息显示

实现将进程请求调度信息、进程调度运行记录信息、CPU 寄存器信息等加以解释说明，分屏显示在屏幕上。学有余力的同学可将进程状态变化以图形可视化方式显示。

三、其他实验要求

1、独立开发与测试

实现内容可根据教材扩展，使用 C++、JAVA 语言开发。本次实验预计需要 40-60 小时。

2、分组讨论确定程序公共数据结构

建议多位同学组成讨论组讨论实验设计及公共数据结构，每位同学需要独立编写代码模块，独立测试。在此过程中将遇到问题及解决方案等信息记录下来写入实验报告。

3、成绩采用申请制

(1) 测试部分可以通过手工修改进程生成文件（学号-pcbs-input 文件）中的进程数据，测试进程并发仿真、多种调度算法发生的情景，并将此内容写入实验报告的测试部分。

(2) 成绩等级分为：A+、A、A-、B+、B、C、D、E

4、提交程序要求

(1) 提交源程序、可运行程序、进程生成文件（学号-pcbs-input 文件）及进程运行记录文件(学号_RunResults.txt)。源程序要求逐句有详细的注释。

(2) 以“学号_必修实验一”创建文件夹，进一步创建 `code` 和 `doc` 子文件夹。

(3) 课外实验报告放在 `doc` 子目录下；源程序放在 `code` 子目录下；可执行程序、进程生成文件（学号-`pcbs-input` 文件）及进程运行记录文件(学号_`RunResults.txt`)均放在“学号_必修实验一”目录下。申请优秀的同学，需在文件夹名称及实验报告上注明。

5、设计报告及实验报告要求

(1) 开始实验的第一周，阅读教材构思实验思路，撰写《计算机操作系统》课外实验报告前三项内容；

(2) 实验过程中必须总结本次实验遇到的重要技术问题以及解决的方案，并写入课外实验报告中。这项内容将成为考核重要指标。

(3) 实验测试必须有明确的输入数据、输出数据，并对该情景和结果进行文字分析

(4) 实验报告格式见《计算机操作系统》课外实验报告模板。

6、实验材料提交

(1) 整套实验材料包括：带注释的源程序、可执行程序、进程生成文件（学号-`pcbs-input` 文件）及进程运行记录文件(学号_`RunResults.txt`)以及课外实验报告。

(2) 将“《计算机操作系统》课外实验报告”前三项内容的电子稿、整套实验材料的电子版、实验报告的纸质打印稿交给每班所在小组的大三课程助教，大三助教收齐后交研究生助教。

7、重要时间节点

10月31日前：提交整套实验材料；

10月1-11月15日：实验演示及答辩；

8、设计问题可通过QQ群或当面交流

计算机操作系统课程群号： 315998710

办公地点：教学楼 B629