

第7章 存储管理



7.1 内存管理功能



7.2 物理内存管理



7.3 虚拟内存管理



7.4 Intel CPU与Linux内存管理

7.3 虚拟内存管理

-  7.3.1 页式虚拟内存管理概念
-  7.3.2 页表和页式地址映射
-  7.3.3 快表技术和页面共享技术
-  7.3.4 缺页中断
-  7.3.5 页面淘汰策略
-  7.3.6 缺页因素与页式系统缺点
-  7.3.7 段式和段页式虚拟存储

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

《操作系统原理》

7.3.5 页面淘汰

教师：苏曙光

华中科技大学软件学院



华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

淘汰策略

淘汰策略

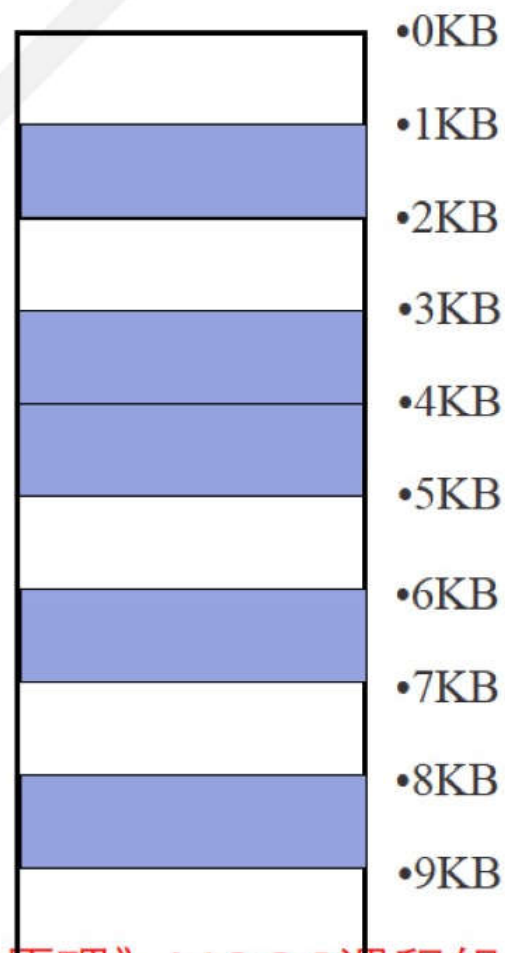
- 选择淘汰哪一页的规则称淘汰策略。

页面抖动

- 页面在内存和辅存间频繁交换的现象。
- “抖动”会导致系统效率下降。

好的淘汰策略

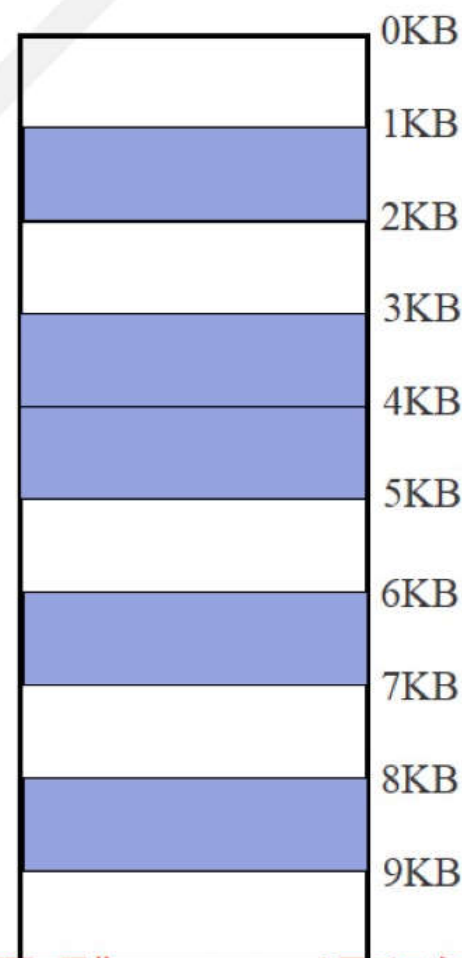
- 具有较低的缺页率（高命中率）
- 页面抖动较少



网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

常用的淘汰算法

- 最佳算法（OPT算法）
- 先进先出淘汰算法（FIFO算法）
- 最久未使用淘汰算法（LRU算法）
- 最不经常使用（LFU）算法



华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

最佳算法 (OPT算法, Optimal)

思想

- 淘汰以后不再需要或最远的将来才会用到的页面。

例子

- 分配3个页框。页面序列：A,B,C,D,A,B,E,A,B,C,D,E。分析其按照OPT算法淘汰页面的缺页情况。

序列	A	B	C	D	A	B	E	A	B	C	D	E
内存	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D
			C	D	D	D	E	E	E	E	E	E
缺页	X	X	X	X			X			X	X	

缺页次数 = 7 缺页率 = $7 / 12 = 58\%$

华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂
最佳算法（OPT算法, Optimal）



特点

- 理论上最佳，实践中该算法无法实现。



华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

先进先出淘汰算法（FIFO算法）

思想

■ 淘汰在内存中停留时间最长的页面

例子

■ 页框数为3。页面序列：A,B,C,D,A,B,E,A,B,C,D,E，分析其按照FIFO算法淘汰页面的缺页情况。

序列	A	B	C	D	A	B	E	A	B	C	D	E
内存	A	A	A	D	D	D	E	E	E	E	E	E
		B	B	B	A	A	A	A	A	C	C	C
			C	C	C	B	B	B	B	B	D	D
缺页	X	X	X	X	X	X	X			X	X	

缺页次数 = 9，缺页率 = $9 / 12 = 75\%$

华中科技大学·苏曙光老师·《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

□ 优点

- 实现简单：页面按进入内存的时间排序，淘汰队头页面。

□ 缺点

- 进程只有按顺序访问地址空间时页面命中率才最理想。
- 异常现象：对于一些特定的访问序列，随分配的页框增多，缺页率反而增加！

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

FIFO例子

■分配4页框，页面序列：A,B,C,D,A,B,E,A,B,C,D,E。
分析其按照FIFO算法进行页面淘汰时的缺页情况。

序列	A	B	C	D	A	B	E	A	B	C	D	E
内存	A	A	A	A	A	A	E	E	E	E	D	D
		B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	E
			C	C	C	C	C	C	B	B	B	B
				D	D	D	D	D	D	C	C	C
缺页	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X

缺页次数 = 10，缺页率 = $10 / 12 = 83\%$

华中科技大学苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

最久未使用淘汰算法 (LRU , Least Recently Used)

思想

- 淘汰最长时间未被使用的页面。✓

例子

- 3个页框，页面序列：A,B,C,D,A,B,E,A,B,C,D,E。分析其按照LRU算法进行页面淘汰时的缺页情况。

序列	A	B	C	D	A	B	E	A	B	C	D	E
内	A	A	A	D	D	D	E	E	E	C	C	C
存		B	B	B	A	A	A	A	A	A	D	D
			C	C	C	B	B	B	B	B	B	E
缺页	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X

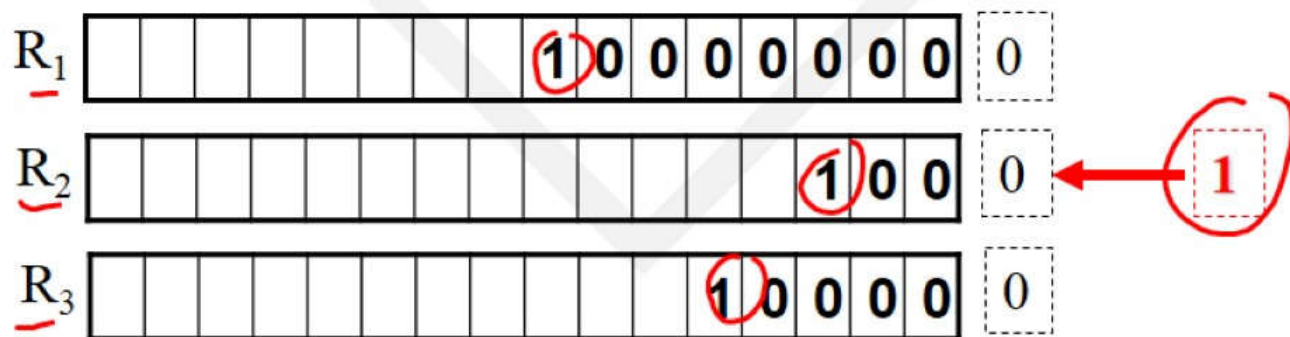
缺页次数 = 10，缺页率 = $10 / 12 = 83\%$

华中科技大学·苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

LRU的实现（硬件方法）

- 页面设置一个移位寄存器R。每当页面被访问则将其重置1。
- 周期性地(周期很短)将所有页面的R左移1位（右边补0）



- 当需要淘汰页面时选择R值最大的页。

◆ R值越大，对应页未被使用的时间越长。

- R的位数越多且移位周期越小就越精确，但硬件成本也越高。
- 若R的位数太少，可能同时出现多个为0的页面，难以比较。

华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

■ LRU近似算法

- 利用页表访问位，页被访问时其值由硬件置1。
- 软件周期性（ T ）地将所有访问位置0。
- 当淘汰页面时根据该页访问位来判断是否淘汰

- ◆ 访问位为1：在时间 T 内，该页被访问过，保留该页。
- ◆ 访问位为0：在时间 T 内，该页未被访问过，淘汰该页！

缺点

■ 周期 T 难定

- ◆ 太小，访问位为0的页过多，找不到合适的页淘汰。
- ◆ 太大，访问位为1的页过多，找不到合适的页淘汰。

华中科技大学.苏曙光老师.《操作系统原理》MOOC课程组版权所有

网址：www.icourses.cn，主页搜索“苏曙光”即可进入MOOC课堂

最不经常使用（LFU）算法

Least Frequently Used

算法原则

- 选择到当前时间为止被访问次数最少的页面
- 每页设置访问计数器，每当页面被访问时，该页面的访问计数器加1；
- 发生缺页中断时，淘汰计数值最小的页面，并将所有计数清零。