



哈爾濱工業大學 (深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

实验报告

开课学期: 2021 秋季

课程名称: 计算机体系结构(实验)

实验名称: Cache 设计

实验性质: 设计探索型

实验时间: 8 地点: T2508

学生班级: 2019 级 4 班

学生学号: 190110419

学生姓名: 李怡凯

评阅教师:

报告成绩:

实验与创新实践教育中心印制

2021 年 11 月

1. 实验内容

本实验将基于Pin插桩分析的工作机理，使用C/C++实现三种映射方式的Cache软件模型，从而在进一步熟悉和掌握插桩工具使用的同时，加深对Cache基本结构和工作原理的理解。

2. 设计与实现

2.1 题目分析

本次实验需要完成三种不同映射方式的cache，即在代码中完成3个继承父类cacheModel的子类，对外通过提供access方法接口进行cache访问。

access方法是对外提供的访问接口，其需要完成访问cache与更新cache的功能，通过调用lookup方法访问cache查看是否命中，并对cache进行更新；lookup方法用于遍历cache查看是否命中；updateReplaceQ方法用于更新换出块队列，实验中通过一个换出队列来决定当发生cache替换时应该换出哪个cache块。

2.2 实验过程

（1）全相联

全相联cache映射中内存块可以放在cache块的任意位置，内存32位地址被划分为低m位块内偏移和高位的tag，通过在cache当中存储每个放入的内存块的tag来唯一标识一个内存块，并通过replaceQ队列确定发生替换时的换出块。

每次访问cache时，首先取出地址中的高位tag，然后遍历cache寻找是否存在与tag相等的cache块，如果存在再判断标志位是否有效，如果有效则说明命中；否则不命中。如果命中则需要更新replaceQ队列，将刚刚命中的cache块号移动到队列尾，原来其后的块号向前挪动1个位置；如果未命中则从replaceQ队列中取出队列头作为被替换的cache块，更新其tag号与有效位，然后再将其cache块号移动到replaceQ队列尾。

（2）直接映射

直接映射中每个内存块都固定映射到1个位置上，内存32位地址从低到高被划分为低m位块内偏移，中间n位cache块号和高位tag，通过在cache当中存储每个放入的内存块的tag来唯一标识一个内存块。由于每个内存块固定映射到某个cache块上，所以不需要再使用replaceQ队列来决定换出的cache块。

每次访问cache时，首先取出中间的n位cache块号，然后取出高位tag，通过cache

块号访问cache，判断其存放的tag是否与内存地址中的高位tag相同，如果相同再进一步判断有效位，如果有效则命中，否则均为不命中。如果命中则直接返回，如果不命中需要首先更新cache块中的tag与有效位再返回。

(3) 组相联

组相联映射综合了直接映射和全相联的特点，将cache块划分为组，每组当中根据映射路数的不同拥有不同的cache块数，每个内存块都被划分到一个组当中，组内可存放多个cache块。32位内存地址被划分为低m位的块内偏移，中间n位组号与高位tag。需要使用replaceQ队列来决定换出的cache块，但此时每个cache组均有自己的队列，需要在每个组内进行维护。

每次访问cache时，首先取出中间n位cache组号，然后以此作为遍历的起点，遍历整个cache组，判断组中是否存放了与内存地址中的高位tag相同的cache块，然后再进一步判断有效位，有效则命中，否则均不命中。如果命中则进一步更新组内的replaceQ队列，如果不命中则从组内replaceQ队列中取出队头作为换出的cache块，更新后将该块移动到组内replaceQ队列的对尾。

2.3 实验结果及分析

通过使用不同的 cache 策略测试 4 个 SPEC2006 测试程序，统计平均访问时间与命中率。

(1) 不同参数对组相联映射命中率的影响

不同相联度下组相联cache命中率如图1所示，不同cache块数下组相联cache命中率如图2所示，不同cache块大小下组相联cache命中率如图3所示。从图中可以看出，组相联度越高，cache块数越多，cache块大小越大命中率越高。

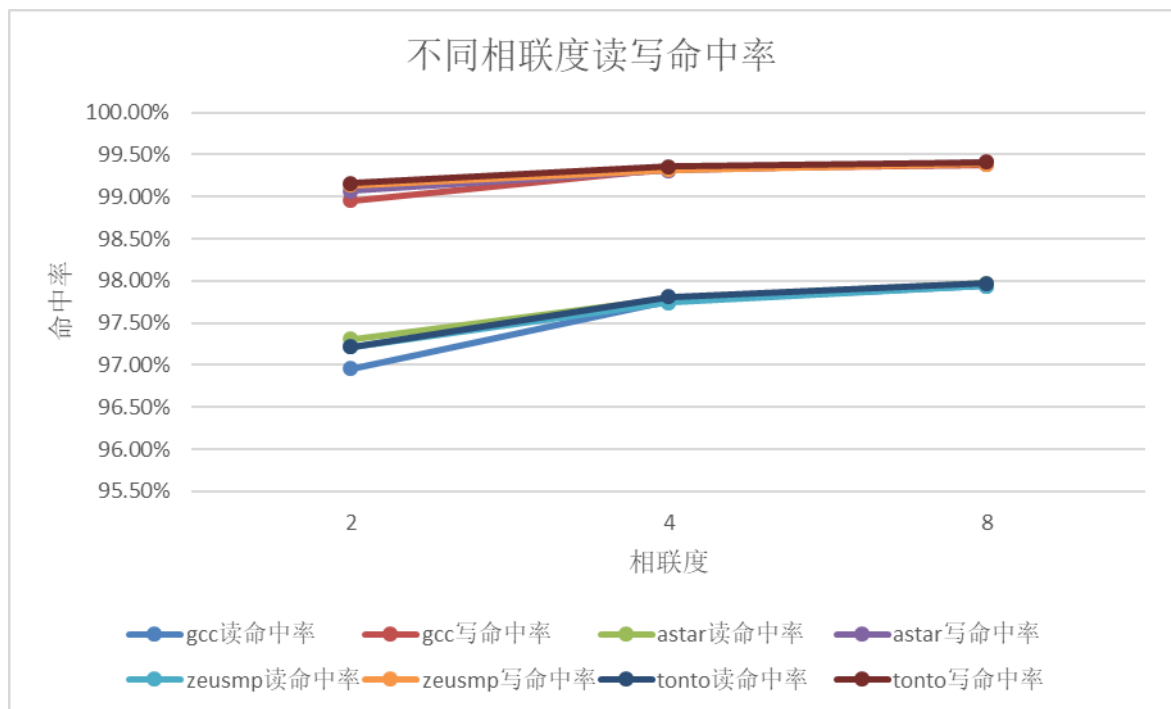


图1 不同相联度组相联cache读写命中率

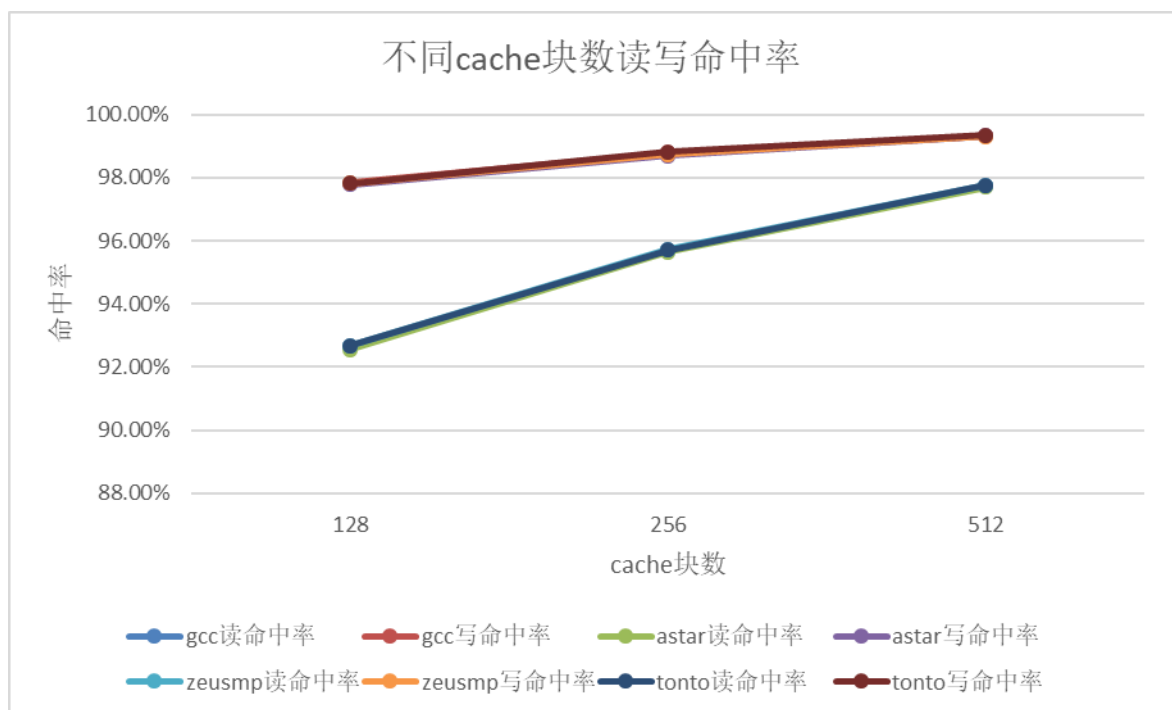


图2 不同cache块数组相联cache读写命中率

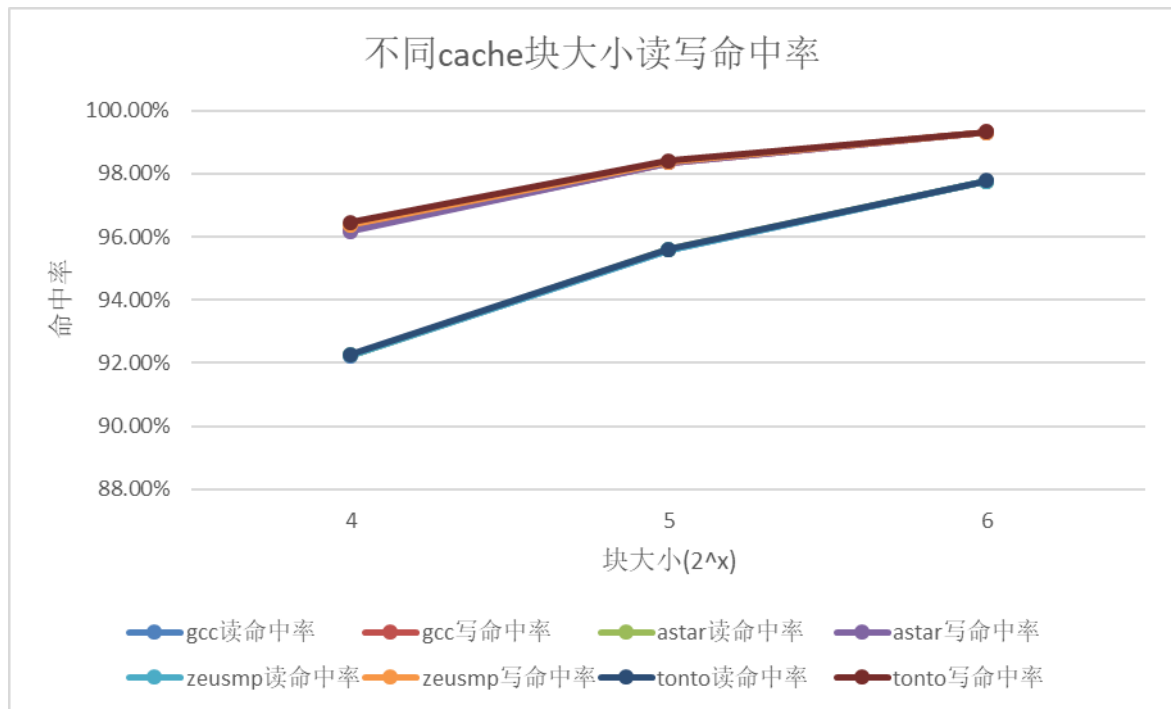


图3 不同cache块大小组相联cache读写命中率

(2) 不同映射方式读写命中率

不同映射方式的读写平均时间如图4所示，不同映射方式的命中率如图5所示。从图中可以看出，全相联映射速度最慢但有最好的命中率，直接映射速度最快但命中率最低，组相联的访问时间与命中率则介于两者之间。并且写命中率都高于读命中率，写平均时间都高于读平均时间。

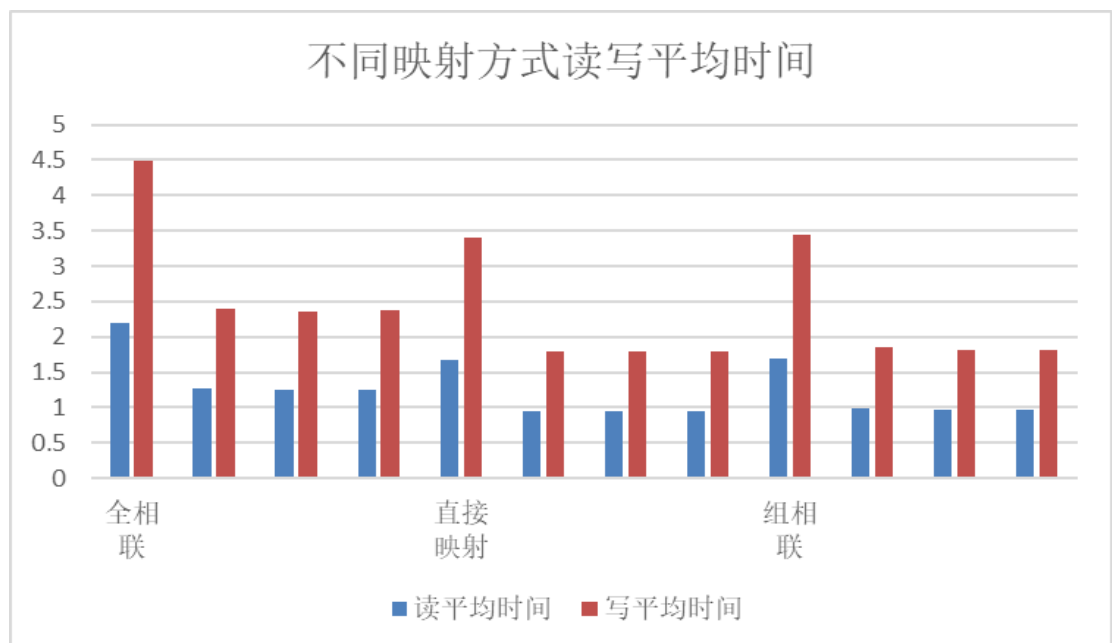


图4 不同映射方式的读写平均时间

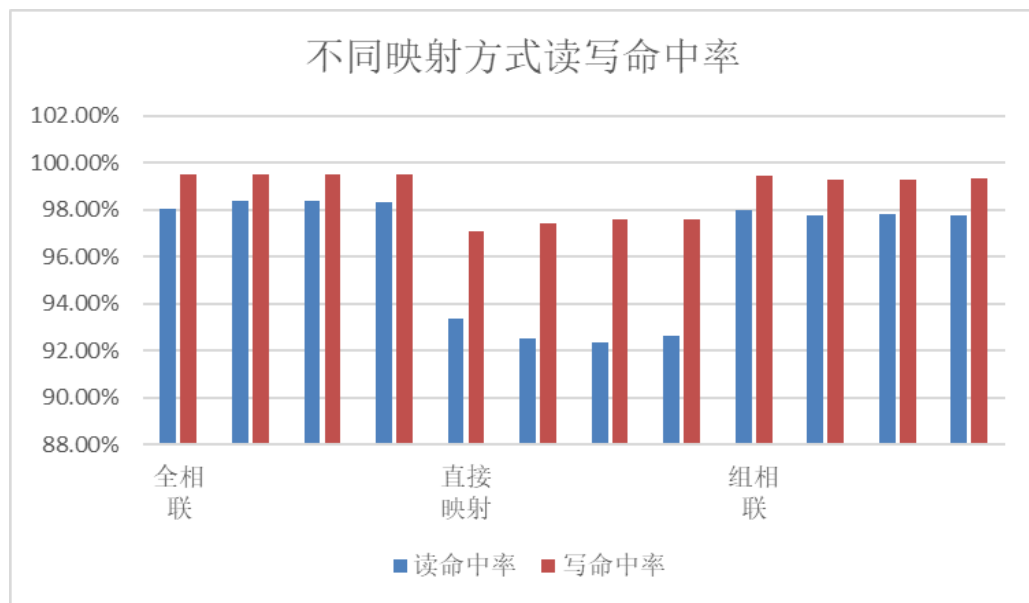


图5 不同映射方式的命中率

3. 总结和感想

本次实验通过使用pin工具进行插桩并模拟cache的访问，实现三种不同的cache映射，进一步加深了对cache的理解，同时加强了对pin工具使用的熟练度。