

Cache 预取和替换

Cache 在计算机体系结构中有着举足轻重的作用，学术界对于 Cache 的研究一直是热点。影响 Cache 性能的因素有很多，其中预取 (prefetching) 和替换 (replacement) 算法是最重要的两个因素。尽管研究 Cache 预取和替换算法的工作有很多，但是已有工作存在两个问题：(1) 仅考虑 Cache 预取或者仅考虑 Cache 替换，没有考虑两者之间的关联性；(2) 通常只考虑某个层级 (例如，L2 或者 L3) 的预取或者替换策略，没有考虑多个层级预取和替换策略之间的关联关系。本实验针对上述问题，研究多层级预取和替换联合优化策略，目标是最大化应用程序的性能。

实验任务：

- (1) 基于 ChampSim 模拟器 (<https://github.com/ChampSim/ChampSim>)，设计并实现 L1, L2, L3 级 Cache 的预取和替换算法；
- (2) 基于已有的 trace (<https://github.com/ChampSim/ChampSim> 中有提供一些)，验证算法的有效性；
- (3) 完成实验报告 (8 页以内)，内容包括研究动机，相关工作，方法描述，实验结果等部分；

实验要求：

本实验分为基础部分和提高部分，其中基础部分要求采用已有的 cache 预取和替换算法，测试各种算法组合起来的性能表现，找到比较优的算法组合。提高部分是在完成基础部分的基础上，设计自己的预取和替换算法，考虑不同层级、预取和替换之间的关联关系，设计联合优化算法，进一步提高性能表现。为了降低问题的复杂度，在考虑关联关系的时候，可以不用考虑全部层级和全部预取、替换策略之间的关联关系，可以只考虑部分关联关系，比如 L3 层的替换和预取之间联合考虑。

评分标准：

本实验满分 100 分，其中基础部分占比为 70 分，提高部分占比 30 分，评分标准包括实验结果、实验报告、性能分析等要素。此外，如果提高部分完成的较好，会根据实际情况额外有 1-10 分的加分 (期末总成绩加分)。

提示：关于 ChampSim 模拟器，网上的资料很多，大家可以自己学习。之前发过的一些参考文献当中也有用该模拟器做实验的，可以参考相关实验方法。