

同济大学计算机系

共享 cache 控制器的设计方法

读书报告



学 号 \_\_\_\_\_ 2152118

姓 名 \_\_\_\_\_ 史君宝

专 业 \_\_\_\_\_ 计算机科学与技术

完成时间 \_\_\_\_\_ 2023. 10. 7

# 共享 cache 控制器的设计方法

## ——读书报告

### 【引言】:

随着计算机系统的继续发展，单处理器已经无法满足日益增长的计算需求。而多处理器系统能够允许多个处理器并行执行任务，从而提高系统的并行计算能力和响应速度。然而，在多处理器系统中，处理器之间的并行执行可能导致数据的一致性出现问题。当多个处理器同时访问共享数据时，如果不采取适当的措施加以预防，可能会导致运行过程中数据不一致的情况，从而破坏程序的正确性和可靠性。

为了解决这一问题，共享缓存控制器应运而生。共享缓存控制器通过管理缓存中的数据共享和访问，确保多个处理器之间对共享数据的读写操作能够按照一致性规则进行，从而保持数据的一致性。

因此，共享缓存控制器也成为了多处理器系统中的重要组件，在提升系统性能和资源利用率方面起着关键的作用。在计算机处理数据时，共享缓存控制器扮演着数据交互的中介角色，它不仅需要快速响应处理器的请求，还需要协调处理器之间的竞争和冲突，以实现高效的数据共享和访问，确保多个处理器能够有效地共享缓存中的数据。

在本报告中，我们将浅浅探讨一下基于共享缓存控制器的设计方法，鉴于篇幅的关系，我们将着重于缓存一致性协议、和冲突解决等方面的内容。

### 【正文】:

#### 1. 缓存一致性协议

在多处理器系统中，各处理器都会对数据进行相应的读写操作，当多个处理器同时访问共享数据时，会出现的数据不一致的情况。如何确保共享数据在多个缓存中保持一致成为重要问题，为了解决这个问题，共享缓存控制器需要实施一致性协议来协调处理器之间的读写操作。

缓存一致性协议作为保证共享数据一致性的基础，它定义了处理器对缓存行的读写操作和数据共享的行为规则。根据系统的需求和性能目标进行权衡和选择适当的一致性协议，可以确保多个处理器之间对共享数据的读写操作按照一定的规则进行，保持数据的一致性。

最常见的一致性协议是 MESI 协议。在 MESI 协议中，每个缓存行有四种状态：修改、独占、共享和无效。在处理器读取缓存行时，缓存控制器将检查该行的状态。如果状态为独占或共享，处理器就可以直接从缓存中读取数据。如果状态为修改，表示其他处理器可能持有该行的旧版本，需要先将该行的数据写回主存，并将状态更改为共享或无效，然后再从主存中读取数据。

另一个常见的一致性协议是 MOESI 协议。MOESI 协议在 MESI 的基础上引入了“Owner”状态。当一个处理器修改了一个缓存行时，它将变为该行的“Owner”，其他处理器必须通过该“Owner”来访问该行的数据，从而避免了多个处理器同时修改同一行的问题。

缓存一致性协议的选择取决于具体的系统需求和设计目标。通过上面的例子

我们能够大致了解一致性协议在数据维护过程中发挥的关键作用。

## 2. 冲突解决

在多处理器系统中，处理器之间的读-写和写-写冲突是很常见的问题。当多个处理器同时请求对同一缓存行进行读写操作时，就可能会出现冲突，导致计算性能下降和数据不一致。共享缓存控制器需要采取冲突解决策略来协调各处理器之间的竞争。

常用的冲突解决策略之一是使用锁机制。锁机制通过引入互斥访问的概念。当一个处理器想要访问共享数据时，它必须先获取锁。如果锁已被其他处理器持有，请求处理器将被阻塞，直到锁被释放。锁机制可以确保同一时间只有一个处理器能够访问特定的共享数据，有效地解决冲突问题，但可能引入额外的延迟和开销，并可能导致死锁和饥饿等问题。

另一种常见的冲突解决策略是使用事务内存。事务内存提供了一种高级抽象，使得程序员可以将一系列的读写操作组合成一个原子事务，并通过硬件或软件机制来确保事务的一致性。事务内存可以自动处理冲突，并提供较低的开销和更高的并发性，大大提高了计算机的效率。然而，事务内存的实现复杂性较高，对硬件和编译器的支持要求较高。

除了锁机制和事务内存，还有其他一些冲突解决策略，如基于时间戳的方法、队列调度和分布式锁等等。这些策略在不同的系统和应用场景中具有各自的优势和适用性。

### 【总结】:

共享缓存控制器在多处理器系统中的设计与实现是一个复杂而关键的任务。我们前面提到的缓存一致性和冲突解决作为设计中的两个重要方面，直接影响系统的性能、可靠性和可扩展性。

然而，在设计共享缓存控制器时，仅仅依靠缓存一致性协议和冲突解决策略可能不足以满足日益复杂的系统需求。因此，设计人员还需要考虑许多其他的设计方法，如缓存替换策略、高速缓存亲和性、总线和网络拓扑等。综合考虑这些方法和策略，并进行系统级的优化和调整，才能实现高性能、可靠性和可扩展性的共享缓存控制器。

未来，随着计算机系统的不断发展和应用需求的不断演变，共享缓存控制器的设计方法也必将不断地推陈出新。新的一致性协议、冲突解决策略和优化技术将不断涌现，以满足更高性能、更低功耗和更可靠的多处理器系统需求。同时，新的硬件和软件技术也将不断发展，为共享缓存控制器的设计和实现提供更多的可能性。

### 【参考资料】:

【1】 计算机工程与设计 (2022), 43(11) 多核共享 cache 确定性技术

虞保忠 周霆 李运喜 黄凡帆 西安航空计算技术研究所第三研究室

【2】 软件学报 2017, 28(04) 片上多核处理器 Cache 一致性协议优化研究综述

胡森森 计卫星 王一拙 陈旭 付文飞 石峰

北京理工大学计算机学院嵌入式高性能计算实验室