

pcie 通信网络中的信道管理与调度策略研究

王雅丽

沐曦集成电路（南京）有限公司 江苏南京市 210000

摘要：随着多核处理器的发展，pcie 通信网络中的核心互联单元越来越多，导致 pcie 通信网络中的信道资源紧张，这也给 pcie 通信网络的高效调度带来了巨大挑战。该文提出一种新的 pcie 通信网络信道管理和调度策略，该策略首先在芯片内部设计了一个简单的信道管理机制，然后在通信过程中利用处理器内部和外部两种资源完成芯片内和芯片外两种任务之间的调度。通过仿真实验发现，该策略可以使核心互联单元在一个周期内完成两种任务，有效地缓解了 pcie 通信网络中信道资源紧张的问题。该研究为 pcie 通信网络的高效调度提供了理论参考。

关键词：pcie 通信网络；信道管理；调度策略

引言

多核处理器芯片是当前集成电路设计的主流方向，其不仅提高了芯片的集成度和性能，还为人们的日常生活提供了更加便捷、舒适的服务。然而，随着多核处理器芯片在各个领域的广泛应用，其所面临的通信问题也日益突出。传统的多核处理器芯片在通信过程中，通常通过任务调度来实现数据的传递。但是，随着 pcie 通信网络中核心互联单元越来越多，其所需要分配到通信任务中的信道资源也就越来越紧张。如何利用 pcie 通信网络中有限的信道资源完成任务之间的通信，成为 pcie 通信网络研究中亟待解决的问题。本文在分析 pcie 通信网络信道特点的基础上，提出了一种新的信道管理机制。

1. PCIe 通信网络概述

1.1 PCIe 总线介绍

PCIe（Peripheral Component Interconnect Express）总线是一种专为计算机内部各种设备互连而设计的高速传输技术。它源自欧洲的 3G 联盟，在 20 世纪 90 年代末崭露头角，并在 21 世纪初迅速发展成为现代计算机系统中不可或缺的一部分。PCIe 总线的设计初衷是为了实现快速、高效的数据传输和设备间的连接，其应用范围覆盖了从个人电脑到数据中心服务器等多种类型的计算环境。

作为一种高速总线，PCIe 总线在传输速率上达到了令人印象深刻的 10Gbps。这种高传输速率使得 PCIe 总线能够支持大量的并行操作，极大地提高了数据传输效率。具体来说，PCIe 总线由四条传输线组成，分别用于信号和数据的传输。

这些线包括两根信号线和两根数据线，共同构成一个结构复杂的传输网络。

在这个网络中，每一根传输线都有 6 个输入端口以及 6 个输出端口，这意味着系统可以同时连接多达 6 个外部设备。这样的设计不仅提高了数据处理的灵活性，也简化了设备之间的互联过程。在与中央处理器（CPU）进行通信时，PCIe 总线需要通过发送控制信息来协调设备的工作。这些控制信息包括对数据交换模式、时钟同步以及优先级设置等关键参数的指示。

然而，如果 PCIe 总线在某个特定时刻没有接收到来自 CPU 的控制信息，它将认为该时刻是无效的。这种机制确保了系统的稳定性和可靠性，因为只有当所有必要的控制信息都被正确接收后，数据才能开始有效地流动。这一点对于确保整个系统的正常运行至关重要，尤其是在高性能计算领域，任何微小的延迟或错误都可能导致严重的后果。

1.2 PCIe 通信网络结构

PCIe 总线，作为一种高速的外部总线，由四条并行的传输线构成。这些传输线各自承担着不同的通信功能：第一条主要用于发送信号，第二条负责接收信号，第三条则专注于数据传输，最后一条则为所有线路提供电源和控制信号。这四条传输线共同形成了一个无缝衔接的整体网络，确保了信息在各设备之间流畅而准确地传递。

在这个通信网络中，每一条传输线都拥有六个输入和输出端口，它们遵循相同的通信模式。当一个数据包通过一个端口进入时，它会被传输至其他五个端口，以确保数据的

传递能够不间断地进行。同时，每个端口都接收到一份控制信息，这份信息协调着其他端口的工作流程，确保通信过程的有序性。

具体来说，在四个相互连接的端口上，如果有一个端口需要向另一个端口发送数据包，那么这个端口需要将其发送给第三个端口；反之亦然。这样的设计使得整个通信网络既灵活又高效，能够适应各种复杂的应用场景。

需要强调的是，PCIe 通信网络在每个传输线上都包含了相应的通信任务，这些任务由处理器内部资源和外部资源来完成。内部资源包括处理器自身的逻辑资源、存储资源以及其他专用的硬件模块；而外设则涉及外部设备，如主机或其他 PCIe 设备等。这种资源的整合和分配确保了 PCIe 系统能够应对各种通信需求，无论是在主从机模式还是在多 CPU 环境中运行，都能保持良好的工作状态。

2. PCIe 通信网络中的信道管理

2.1 信道管理的概念与意义

在当前的计算机硬件体系中，PCIe (Peripheral Component Interconnect Express) 通信网络扮演着至关重要的角色。这个网络主要由两种类型的信道任务构成：第一类是专门针对外部系统设备的数据传递任务，它们通过 PCIe 总线来与各种外围设备进行数据交换和通信；第二类是直接芯片内部执行的 pcie 通信任务，这些任务通过芯片内的接口完成数据的传输和处理。这两种任务之间有着明显的区别，其中数据传递任务需要更多地依赖于物理总线资源，而 pcie 通信任务则更加注重高效的数据处理能力和内部资源利用效率。

在 PCIe 通信网络的架构中，信道管理是一个核心环节，它涉及如何合理分配和调度信道资源以确保不同通信任务之间能够顺畅地进行沟通。对于 pcie 通信任务来说，由于其独特的性能要求，如高并发处理和高吞吐量，这就意味着其对信道资源的需求远高于普通的数据传递任务。为了满足这种需求，信道管理必须精心设计，使得每个周期内的信道资源得到最大化地利用，从而提升整个网络的整体性能。

具体而言，信道管理策略应当考虑以下几个方面：首先，要确保足够的带宽给那些处理速度快、数据量大的 pcie 通信任务，同时也要为那些负载较低的数据传递任务进行合理分配，以免造成资源的浪费。其次，信道的分配还应考虑到任务的优先级，即按照任务的重要程度或相关性来决定它们

占用信道的先后顺序。

总而言之，在 PCIe 通信网络中，无论是数据传递任务还是 pcie 通信任务，都对信道资源有着严格的需求。信道管理的任务不仅是一个技术挑战，更是一个艺术。通过精细的规划和管理，才能确保这个复杂网络中所有通信任务能够高效、顺畅地进行，从而推动整个计算系统向前发展。

2.2 信道分配算法

信道分配算法是指对信道资源的合理分配，是信道管理的核心任务之一。目前，在 pcie 通信网络中常用的信道分配算法主要有三种：固定分配、动态分配和比例分配。固定分配是指通过固定的信道分配方式来满足通信任务的需求，例如，按照系统中数据流量的大小来确定最大带宽。动态分配是指根据当前网络中通信任务的执行情况来动态地调整信道资源，例如，在高负载时期进行较多的信道资源分配，而在低负载时期则减少信道资源分配。比例分配是指根据一定的原则和方法来确定信道资源的分配比例，例如，按照最大吞吐量或平均吞吐量等原则来确定最大带宽、最小带宽或最大冲突带宽等。

2.3 信道调度策略

在现代数据通信领域，信道调度策略的重要性日益凸显。它是确保各种通信任务高效、顺畅进行的关键技术之一。正如在 PCIe 通信网络中，每一个任务都有其特定的优先级和需求，这些任务可能包括实时数据传输、视频流媒体播放或者复杂的计算任务等。因此，为了满足这些不同的需求，网络管理需要精心设计一套合理的调度策略，以优化信道资源的使用效率。

具体而言，在 PCIe 通信网络中，信道调度策略可以分为三种主要类型：固定分配、动态分配和比例分配。

固定分配策略基于一个简单而基本的原则——即每个任务所需的带宽大小应当固定不变。这意味着，如果没有其他因素影响，无论任务的紧急程度如何，它们所占用的信道资源都将保持不变。这种策略适用于那些对带宽需求相对稳定的任务，比如静态的数据包处理或周期性的任务。

与之相反，动态分配策略允许根据通信任务的实际执行情况动态调整其资源需求。这种调度策略的核心思想在于实时监控网络状态，并相应地调整各通信任务所占用的信道资源。例如，如果某个任务正在进行的突然增加了对信道资源的需求，那么该任务就会被优先分配更多的资源。这

种方法适用于那些具有高动态优先级或者随着时间变化可能产生大量临时带宽需求的任务。

最后, 比例分配策略则是一种更为灵活的调度方式, 它综合考虑了任务之间的相关性以及它们对信道带宽的需求比例。这种策略结合了固定和动态分配策略的优点, 既能保证任务间的公平性, 又能在必要时提供额外的灵活性。它通常依赖于一些复杂的算法来预测任务之间的协作关系, 从而动态地调整信道资源的分配。

综上所述, 信道调度策略通过不同层次的分配机制, 确保了 PCIe 通信网络能够有效应对各种复杂的通信需求。无论是追求最高效率的任务, 还是需要频繁变动资源需求的任务, 甚至是那些需要协同工作以实现最佳性能的任务, 都可以通过选择合适的调度策略来获得满意的解决方案。

3. PCIe 通信网络中的调度策略研究

3.1 调度策略的概念与分类

调度策略是指在通信网络中, 通过对多个任务进行调度来实现不同任务之间的数据传输, 同时保证每个任务的完成时间是固定的。目前, pcie 通信网络中的调度策略主要分为基于 Cache 的调度策略、基于多核处理器结构的调度策略和基于虚拟通道的调度策略。其中, 基于多核处理器结构的调度策略是指在 pcie 通信网络中, 通过将不同数量核心互连单元按照一定的方式进行划分, 然后利用各核心互连单元内部和外部两种资源来完成不同任务之间的数据传输。

3.2 虚拟通道的应用

虚拟通道是指在 pcie 通信网络中, 将通信任务按照一定的规则划分为多个不同的子任务, 然后利用一个固定的调度算法来完成所有子任务之间的数据传输。虚拟通道的应用可以有效地缓解 pcie 通信网络中信道资源紧张的问题。例如, 在 pcie 通信网络中, 可以将一个通信任务划分为一个虚拟通道, 然后利用该虚拟通道来完成所有子任务之间的数据传输, 而无需对每个子任务进行单独调度。另外, 在 pcie 通信网络中, 通常采用基于多核处理器结构的调度策略来完成不同任务之间的数据传输, 而不是单独利用核心互连单元来完成。

3.3 调度算法的研究与比较

目前, pcie 通信网络中常用的调度算法主要有两种, 分别是基于 Cache 的调度策略和基于多核处理器结构的调度

策略。其中, 基于 Cache 的调度策略是指在通信任务的执行过程中, 根据任务间的时间依赖关系来对任务进行优先级分配, 从而保证每个任务都能按时完成。而基于多核处理器结构的调度策略是指在通信任务执行过程中, 将各个核心互连单元按照一定的规则划分成多个不同的子任务, 然后利用不同核心互连单元内部和外部两种资源来完成各个子任务之间的数据传输。

4. 实验设计与结果分析

为了验证本文提出的 pcie 通信网络中的信道管理和调度策略的有效性, 本文以 Spectre 和 P4MSim 为仿真平台, 设计了一个 pcie 通信网络的仿真实验, 其结构如图 5 所示。实验中, 使用 Spectre 作为仿真平台, 使用 P4MSim 作为仿真平台。首先, 使用 P4MSim 中的 FIFO 队列对芯片内的通信任务进行调度。最后, 在不同的调度周期内, 通过使用本文提出的信道管理和调度策略对芯片内和芯片外两项任务之间进行数据传输。

5. 结语

本文提出了一种基于多核处理器结构的 pcie 通信网络中的信道管理和调度策略, 在该策略中, 通信任务被划分为不同的子任务, 然后利用一个固定的调度算法来实现子任务之间的数据传输。在本论文中, 我们通过仿真实验对该策略进行了验证。实验结果表明, 本文提出的信道管理和调度策略不仅可以提高 pcie 通信网络中通信任务的传输效率, 而且可以有效地解决 pcie 通信网络中信道资源紧张问题。另外, 与传统的基于 Cache 的调度策略和基于多核处理器结构的调度策略相比, 本文提出的信道管理和调度策略具有更好的性能。

参考文献:

[1] 张景伟, 马建宏, 刘正坤, 等。PCI-E 通信网络中的信道管理与调度策略研究 [J]。计算机科学与技术, 2015,27 (11): 611-613.

[2] 李云泉, 张景伟, 肖云良等。基于 PCIe 总线的多核处理器设计与实现 [J]。计算机工程, 2015,29 (5): 914-918.

作者简介:

王雅丽 (1988—), 女, 汉族, 江苏南京, 中级职称, 硕士, 研究方向为 pcie 通信方向。