

基于容错虫洞路由的动态片上网络研究

钱宇平, 李广军, 潘经纬

(电子科技大学 通信与信息工程学院, 四川 成都 611731)

摘 要: 提出将容错虫洞路由应用于动态片上网络 DyNoC, 能有效解决实时放置任务间的通信; 并提出了增强型动态片上网络, 增加了处理单元 PE 和周围路由节点 Router 的连线, 并赋予 PE 自主选择路由源目节点能力, 明显减少路由跳数, 改善了网络的互连性. 通过 OPNET 软件仿真, 增强型 DyNoC 的平均端到端延迟比 DyNoC 缩短 27%, 而吞吐率则显著提高 35%, 可以有效缓减对片上路由资源缓存的需求.

关键词: 动态片上网络; 动态可重构; 容错虫洞路由; OPNET

中图分类号: TP393.03

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)09-0005-03

The Research of DyNoC Based on Fault-Tolerant Wormhole Routing Algorithms

QIAN Yu-ping, LI Guang-jun, PAN Jing-wei

(Institute of Communication and Information Engineering,
University of Electronics Science and Technology of China, Chengdu 611737, China)

Abstract: In order to solve the problem of real-time communication between dynamic reconfigurable modules, Fault-Tolerant Wormhole Routing Algorithms are proved to be effective on DyNoC and a new Improved-DyNoC is presented in this paper. In this structure, the number of connections between Router and PE is increased and the entire network connectivity is strengthened. Otherwise, routing hops are obviously decreased as PE can decide which one to be the source or destination router. Finally simulated through OPNET, the average end to end delay of Improved-DyNoC is shortened by 27%, while the throughput is improved obviously by 35% compared with DyNoC.

Key words: DyNoC; dynamic reconfigurable; fault-tolerant wormhole routing; OPNET

1 引言

随着数字逻辑系统功能越来越趋于复杂化, 单片系统芯片有着向超大规模, 高逻辑密度发展的趋势. 动态可重构技术能加倍提高资源利用率和大大降低硬件规模^[1], 正迎来广泛的研究热情. 如何实现动态可重构单元间的调度对动态可重构硬件的系统任务管理提出了两大难题: 新的任务模块该如何放置和实时布置的任务间该如何通信. 对于前者, 研究者们已经提出了一些行之有效的解决方法, 而后的研究成果就相形见绌了^[2]. 本文研究将容错虫洞路由应用于 DyNoC, 提出了一种解决实时布置的

任务间的通信的可行方法; 并在此基础上提出了增强型 DyNoC 结构, 显著地改善了路由效率, 有效地缓减了对片上路由资源缓存的需求.

2 基于容错虫洞路由的 DyNoC 的实时布置任务间通信

DyNoC 是基于片上网络策略的通信结构, 是首个将基于包的 NoC 方案用于可重构设计的结构. 它是由处理单元 PE 和路由节点 Router 组成的二维阵列. 每个 PE 都至少连接一个 Router, Router 之间相互连接构成片上网络体系^[3]. DyNoC 只有简单的片

收稿日期: 2009-06-09; 修回日期: 2009-08-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(60676014); 四川省应用基础研究基金项目(2006J13-072)

上路由器,因此采用基于包交换并且只需要较小缓存空间的虫洞路由技术.

在 2D 可重构任务模型中,实时任务被映射成矩形框模型,每个矩形框代表一种实际电路^[4]. 每个矩形任务块可以占用单个或数个 PE 以及一些路由资源. 被任务块所覆盖的路由节点将被设置为失效休眠状态,并且可重构单元会将该休眠节点信息告知邻接节点,达到路由时绕开这些失效节点的目的. 当任务执行完毕,矩形框撤消后,这些休眠的节点又将被设置成激活状态. 一种可能的任务布局如图 1 所示, F1~F4 即实时布置的任务块.

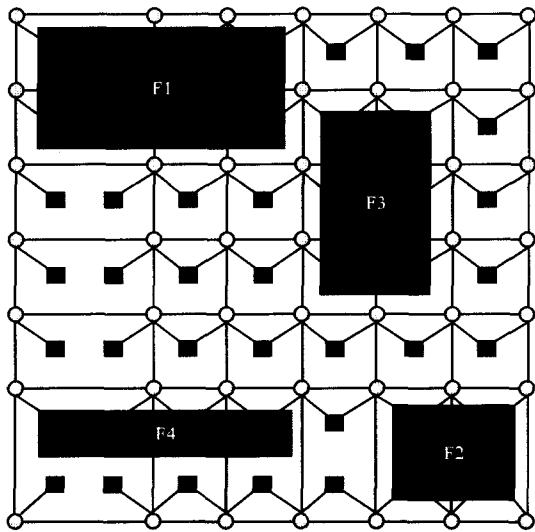


图 1 基于 DyNoC 的一种任务布局示意图

该任务布局的路由拓扑如图 2 所示. 为了保证任务间通信的实时性和不受网络拓扑变化影响,基于 2D 网格拓扑结构的 E-CUBE 算法维序路由将不

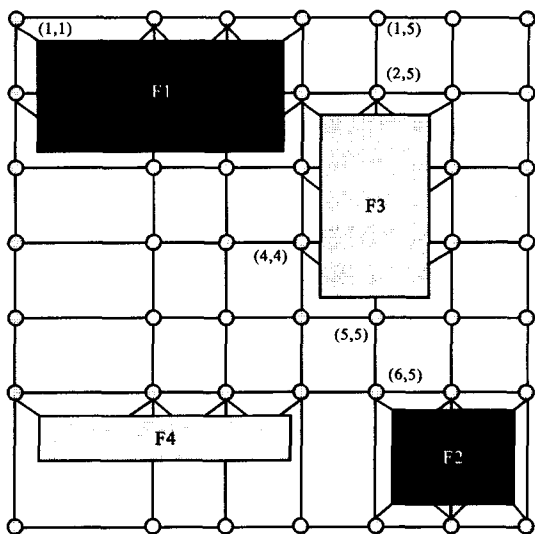


图 2 该任务布局的路由拓扑图

再完全适用. 因此本文采用容错虫洞路由技术^[5], 将每个任务块所占用的区域作为障碍域, 任务块周围的路由节点和链路围成了障碍环, 当路由遇到障碍域后, 将继续沿障碍环进行路由.

假设最先在 DyNoC 上布置了任务 F1 和 F2, F1 和 F2 间可以按照维序路由进行通信, 包从源节点 (1,1), 分别沿减小 Y 轴和 X 轴相对偏移量的方向路由, 经过 (1,2), (1,3), (1,4), (1,5) 和 (2,5), (3,5), (4,5), (5,5), 到达目的节点 (6,5). 当任务块 F3 被放置时, 节点 (3,5) 和 (4,5) 休眠失效, 路由中断. 依据容错虫洞路由技术, 当包到达节点 (2,5) 后, 将沿着障碍环继续路由, 即路由顺序变为 (2,5), (2,4), (3,4), (4,4), (5,4), (5,5), 最终到达目的节点 (6,5). 容错虫洞路由的引入, 很好地解决了基于 DyNoC 的动态可重构单元间通信的实时性和在网络拓扑结构发生变化时通信的持续性问题.

3 增强型 DyNoC 构架

DyNoC 的结构简单直观, 伸缩性, 延展性和可模块化性能都很好, 但是灵活性欠佳, 网络的全互连性和节点的利用率并未达到最佳. 本文提出了增强型 DyNoC 构架, 拓扑如图 3 所示. 在该构架中, 每个 PE 都与周围的 4 个 Router 相连, 并赋予 PE 自由选择路由节点的能力.

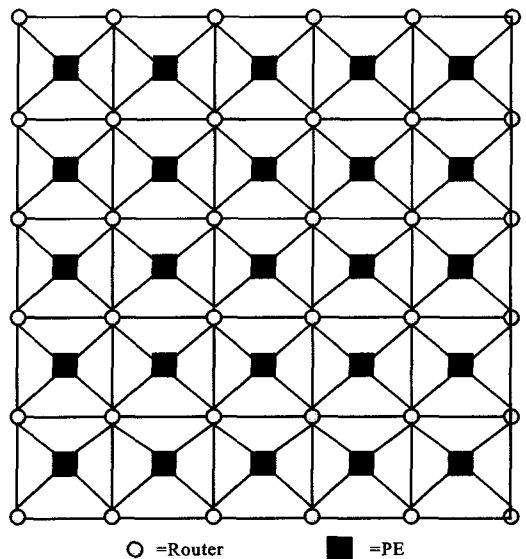


图 3 增强型 DyNoC 结构图

当源任务块和目的任务块需要进行通信时, 首先选择合适的源和目的节点, 仲裁准则是 $\min(|S_x - D_x| + |S_y - D_y|)$, 即比较源任务块和目的任务块的所有节点的 X 轴和 Y 轴偏移量之和, 将最小的一对分别做为源节点和目的节点. 考虑与图 1 同样

的任务布局,图4中任务块F1和F2需要通信,通过仲裁准则,计算出源节点为(3,4),目的节点为(6,5),经过的中间节点为(3,5),(4,5),(5,5).当新的任务块F3加入时,依据容错虫洞路由,路由次序变化为(4,4),(5,4),(5,5).

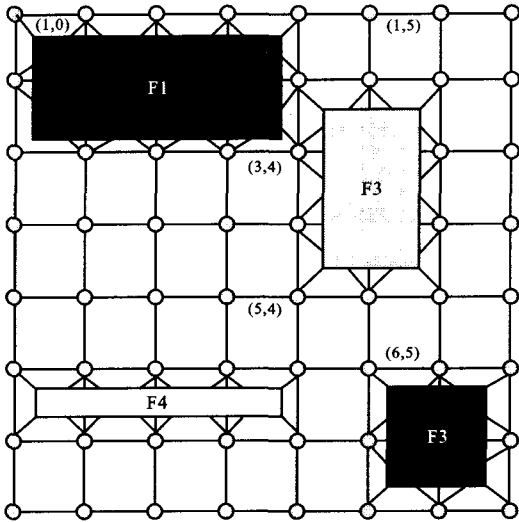


图4 基于增强型 DyNoC 的路由拓扑图

同样的任务布局,若要完成任务块F1与F2之间的通信,基于DyNoC构架需要8跳,而基于本文的增强型DyNoC构架只需要3跳;当加入任务块F3之后,基于DyNoC构架需要11跳,而基于本文的增强型DyNoC构架则只需要3跳,显著减少了中间路由的跳数,提高了路由效率,对紧缺的片上路由资源也起到了一定程度的缓减作用。

4 仿真结果及对比分析

OPNET作为一款通信方面的仿真软件,比较适合对路由协议进行仿真^[6]。本文采用它分别对8×8的DyNoC和增强型DyNoC进行性能仿真,对平均端到端的延迟(数据从注入网络到注入网络所经历的平均时间)和节点的吞吐量(单位时间到达PE的包数)两个指标进行分析。

考虑基于DyNoC和增强型DyNoC两种构架上从相同的源到目的PE的通信。如图5所示,横坐标表示仿真的时间,纵坐标表示延迟。包在DyNoC上的端到端的延迟为0.83s,而增强型DyNoC构架则为0.61s,由此端到端的延迟算短了约27%。

考虑这两种构架上相同PE的吞吐量。如图6所示,同样横坐标表示仿真的时间,纵坐标表示PE接收到包的总数。在相同的10分钟内,DyNoC上单位时间到达PE的包数为20,而增强型DyNoC则为27,吞吐量提高了35%。

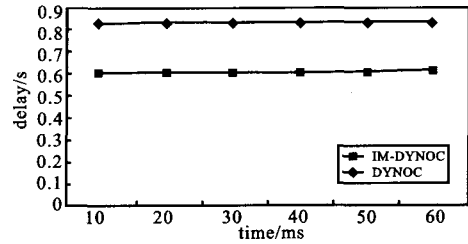


图5 平均端到端的延迟对比图

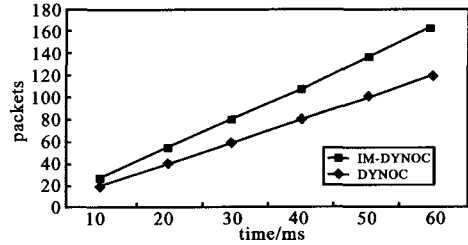


图6 吞吐量对比图

5 结束语

本文将容错虫洞路由应用于动态片上网络,能有效解决实时布置动态可重构单元间的通信问题。并在此基础上,提出了增强型DyNoC构架,增强了PE到网络的互连,减小了数据从端到端的延迟,提高了吞吐率。OPNET仿真证明该结构具有较高性能,适合作为可重构数字系统的一种通信构架。

参考文献:

- [1] 覃翔菊,朱明程. FPGA动态可重构技术原理及实现方法分析[J]. 电子器件, 2004, 27(2): 277-282.
- [2] Ahmadinia A, Bobda C, Bednara M. A new approach for on-line placement on reconfigurable devices[J]. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2004(18): 26-30.
- [3] 刘倩,李广军,郭志勇. 动态可重构系统的通信结构研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007(11): 1-5.
- [4] Bobda C, Ahmadinia A. A dynamic interconnection of reconfigurable modules on reconfigurable devices[J]. Design & Test of Computers, 2005, 22(5): 443-451.
- [5] Rajendra V, Boppana, Suresh C. Fault-tolerant worm-hole routing algorithms for mesh networks[J]. IEEE Transaction on computers, 1995, 44(7): 848-864.
- [6] 陈敏. OPNET网络仿真教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.

作者简介:

钱宇平 男, (1984-), 硕士研究生. 研究方向为通信与信息系统.