

面向共享缓存 CIOQ 交换架构的 去阻塞自适应反馈调节设计

郑锐¹, 沈剑良¹, 张帆², 吕平¹, 李沛杰¹, 邵宇¹, 朱正彬³

¹信息工程大学, 中国郑州市, 450001

²复旦大学计算与智能创新学院, 中国上海市, 200433

³中国人民武装警察部队指挥学院, 中国天津市, 300250

摘要: 为解决共享缓存组合输入输出排队 (CIOQ) 交换结构中存在的虚拟输出队列级别的队头 (HOL) 阻塞、缓存溢出丢包及拥塞扩散等问题, 同时提升性能和稳定性, 本文提出去阻塞自适应反馈调节设计。通过引入基于信用量的超时检测机制, 实现理论上的100%无阻塞, 大幅消除了HOL阻塞的影响。在所提虚拟输出队列动态调节算法和阈值动态自适应算法共同作用下, 该设计能够降低缓存溢出引发的拥塞扩散风险, 从而提升系统整体性能。理论分析与实验结果表明, 在典型流量场景下, 所提设计的最大吞吐量可达1499.66 Gb/s, 最低时延为83 ns。此外, 有效吞吐量占比高达96.94%, 数据链路层包损失占比仅为0.61%, 丢包率低至0.6%。相较于传统CIOQ架构和输入排队交换架构, 所提设计的吞吐量分别提升15.12%和20.55%, 转发时延分别缩短26.9%和54.7%, 且系统稳定性更强, 可充分满足复杂场景下的数据交换需求。

关键词: 共享缓存组合输入输出排队交换架构; 队头 (HOL) 阻塞; 拥塞扩散; 自适应反馈调节; PCIe互连协议

<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0180>