

80-84

第4卷第5期

光学 精密工程

Vol. 4, No. 5

1996年10月

OPTICS AND PRECISION ENGINEERING

October, 1996

利用光纤 Crossbar 互连网络互连的二阵列光电混合多处理器系统的研究

王忠祝 刘德森

TP393

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

摘要 研究了光电混合并行阵列多处理器系统的体系结构及其中的光纤互连网络, 系统是松散耦合分布式“蚁阵”结构。光纤互连网络由 Crossbar 开关网络与光纤互连收发器构成, 网络拓扑可以在主机控制下进行动态编程重构, 具有网络拓扑结构重构的多样性, 充分利用了光互连高速度、大容量、大规模并行性的电子器件编程的灵活性。

关键词: 并行处理; 多处理器; 光纤互连网络; 收发器

1 引言

对计算机总的要求是“实时、高速”。大型与超大型实时问题的处理都需要高速、大容量和并行处理数据与程序的计算机系统, 提高计算机系统处理速度是首要任务。广泛采用 VLSI 技术, 构造大规模并行处理 (Massively Parallel Processing, MPP) 阵列机是迎接重大挑战、实现 1TFLOPS 超级计算机的主要途径^[1]。多维并行计算机都需要高性能的互连网络, 因此互连网络是一关键技术。随着处理系统的高度并行化、信息容量的增大、应用领域的扩大和高速处理器的出现与采用, 对互连网络的要求也越来越高。无论是采用共享存贮器结构, 还是分布存贮器结构, 计算机系统都需要整体性与动态性好的高性能的互连网络^[2-4]。电子电路固有的局限性^[5-7]使其不能满足复杂互连的要求, 限制了速度与体系结构的灵活性, 从而使 VLSI 和并行处理的潜力不能得以充分发挥。光互连由于具有高密度并行性、大容量和抗电磁干扰能力强的优越性而被认为是解决互连通信“瓶颈”(bottleneck) 最有希望与最具革新意义的方法, 为并行处理、光计算、光子交换和神经网络等系统提供优良的互连网络, 并将逐步地取代部分电互连。遗憾的是目前全光型的计算机体系结构尚未形成, 光互连的研究也处于模拟阶段。在此情况下, 为探索光计算的道路而提出的“光电混合计算”模式就成为利用光互连高度并行性、大容量以及电子计算灵活性的一个重要方案。自八十年代光电混合模式提出以来, 并行处理中采用光互连网络一直是人们感兴趣的热门课题。本文研究光电混合并行多处理器系统的体系结构及其中的光纤互连网络。

收稿日期: 1996年8月1日

2 光电混合并行阵列多处理器系统的体系结构^[8,9]

光电混合并行计算机由两个多处理器阵列与双向编程重构互连网络、管理主机、共享外存贮器及显示输出设备组成,如图1示。系统构成的特征可归为:(1)有多个功能相同的 PEs (Processing element),每个 PE 功能相对较弱,故是一种“蚁阵”结构;(2)所有处理器以互连网络为纽带与共享存贮器,控制单元、输入输出通道和外围设备相互连接,分布处理器之间松散耦合;(3)整个处理系统由一个统一的管理主机操作和控制,具有复合性。

用 4×8 个 PE 构成一个处理器阵列。阵列内部的 PE 之间采用分布式存贮与共享存贮器相结合的方式。同一阵列上的处理器之间采用电互连。不同阵列处理器间进行空间上一对一排列网直接数据通信交换方式。阵列间用 Systolic 流水线方向,同一阵列内的运算具有完全并行性,整体性很好。采用时间重叠与空间复用技术,使整机在运算结构上实现 SIMD 与 MIMD 方式的指令数据通信。

3 可编程双向 Crossbar 开关网络^[10,11]

Crossbar 互连网络是提供高密互连性能的一种很重要而强有力的网络。用 $2N$ 个双态开关实现 $2N$ 个功能模块间(如 PEs) N 个输入到 N 个输出的任意互连而无阻塞。系统采用 T805 Transputer 芯片,它集处理器、存贮器和互连通信链路于一体,适合设计 MPP 类分布并行处理结构机,具有很高的性价比。阵列内部适合用拓扑结构互连,32T805采用2个 32×32 (I/O) Crossbar 交换网络实现 PE 之间的全连接,如图2示。Crossbar 开关网络由 Crossbar 开关阵列与共享总线构成。

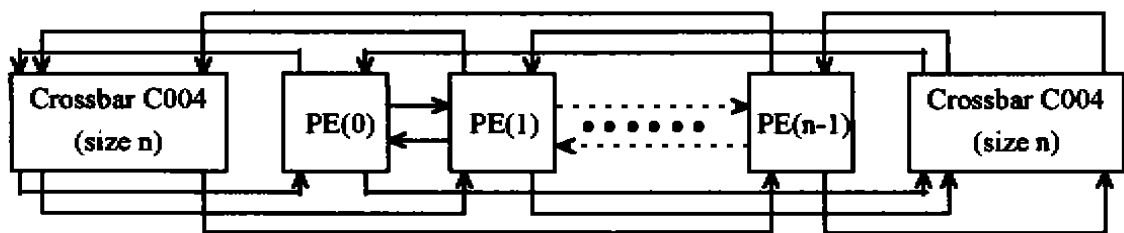


图2 PE 阵列内部的互连结构

Fig. 2 Interconnect structure intra-PE

阵列之间的光纤互连网络设计为 32 (I/O)路双向折叠式结构。由逻辑上独立的单一交纤信道实现 PE 间的双工通信。光纤互连网络与阵列内部共用交换开关网络,因此需要一个复合

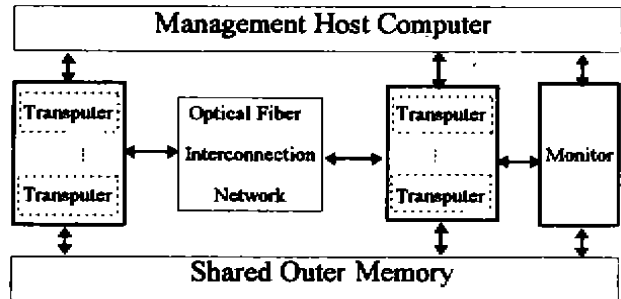


图1 光电混合并行处理器阵列系统结构示意图

Fig. 1 Architecture of the optoelectronic hybrid parallel processing array system

开关来完成信道交换。当阵列内部运算时,复合开关的输出接到阵列内部;当阵列之间需要通信时,复合开关的输出与光纤互连网络的输入口接通。图3为 Crossbar 互连网络的连接原理图。

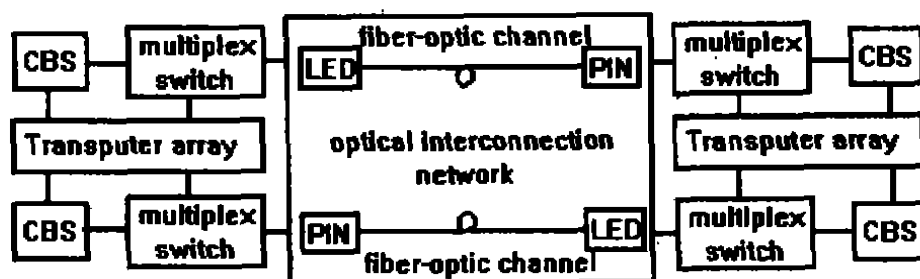


图3 Crossbar 互连网络连接原理框图

Fig. 3 Diagram of optical fiber crossbar interconnection network connecting two PE arrays

光纤互连网络完成阵列间的数据通信。当需要第 $N(N=1,2)$ 个处理器阵列上第 (i,j) 个 PE 中的数据要与第 $M(M=1,2)$ 个处理器阵列上第 $(k,1)$ 个 PE 中的数据进行通信时,即

$$N(i,j) \Rightarrow M(k,1)$$

只要开关阵列第 (i,j) 节点的输入与第 $(k,1)$ 输出拨通即可经光纤通道完成操作。传输是双向的,故信源 PE 与受信 PE 是任意的。通过编程控制开关网络输入输出端口的状态即可实现处理器拓扑结构的编程重构,实现包括方阵、蝶形、树形、混洗网、超立方体等多种网络拓扑结构。因此,网络拓扑具有重构的多样性,动态性能优越。

4 光纤互连网络收发器电路的设计^[2]

由于本系统中处理器阵列具有一定的独立性,阵列之间的距离也可变,采用自由空间光互连有一定的困难和局限性。光源阵列探测器阵列与光纤阵列间的耦合连接工艺还有待于进一步研究,不能投入使用。我们所制作的光互连网络由空间上一对一的分立光纤传导通信链路排列而成。采用光纤作传输介质,光能利用率高。本系统中单一信道的码速并不很高(20 Mbps),为简化系统复杂性与研制成本,在发送端不用编码电路而采用单极性不归零码(NRZ)基带传输,输出端不需要相应的译码电路。LED 由于其可靠性好、寿命长、工作温度范围大、驱动电路简单而被采用,探测器用 PIN 即可满足要求。由于通信距离短,光互连的损耗很小,色散意义不大,选择多模光纤即可满足要求。所选光纤传输介质的带宽较高,信号的驱动不需调制即可进行传输,接收电路不需解调电路。简化的光纤通信框图如4。

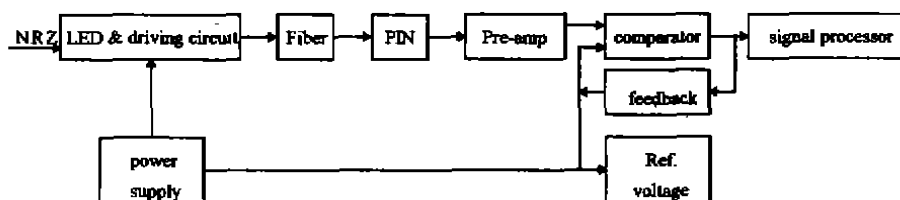


图4 光纤收发器电路原理框图

Fig. 4 Schematic block diagram of simplified transceiver

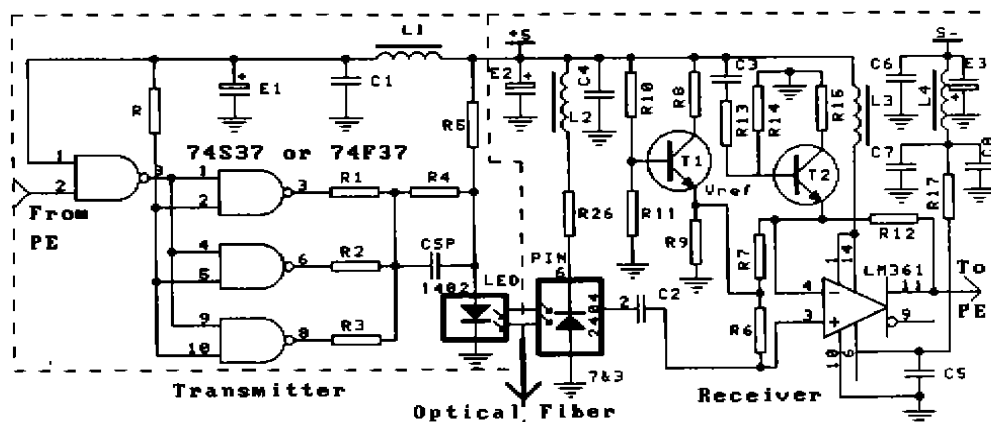


图5 光纤收发器电原理图

Fig. 5 Scheme of transceiver

根据系统通信指标要求,选用 HFBR-1402(LED)作为光源, HFBR-2023 PIN(带有前置放大器)作探测器。当驱动电流为60 mA时,对100/140 μm 多模光纤,典型的输出光功率为-13.5 dBm(44.7 μW)。收发器电路输入输出电平与 TTL 电平兼容,具有很好的通用性,其电路原理图如图5示。首先用自制的伪随机序列信号发生器对光纤互连收发器的性能进行了测试,而后进行了联机调试。实验测试结果表明,所选用的光源和探测器,都有足够高的响应速度,传输速率均可达20 Mbps;设计的收发器传输误码率小于 10^{-10} ,可以满足处理器传输20 Mbps NRZ 信号的速度要求。

5 结 论

光电混合并行计算是光计算的一个重要方法,它融光计算的高速度、并行性、大容量等优越的互连性能与电计算的编程灵活性、VLSI 技术为一体,充分利用现有技术提供高速并行处理系统。采用光纤互连网络,互连长度不再受电子线路临界长度的限制,提高了抗干扰能力,增加了系统设计的灵活性。利用光互连技术与现代电子技术相结合构成高性能互连网络,实现相互平行的二维混合逻辑器件阵列之间整体的立体互连,避免了电子学互连瓶颈及 VLSI 互连对芯片引脚的限制。光互连网络代替电互连网络,构成光电混合并行处理机系统对于发展新一代巨型计算机系统具有及其重要的应用前景。

致谢:衷心感谢天津大学张以谟教授领导的课题组成员给予的大力支持,合作与帮助。

参 考 文 献

- [1] 刘 卫,大规模并行处理技术方兴未艾. 计算机工程与应用,1992,(12):74-79
- [2] R. W. Keyes, Fundamental Limits in Digital Information Processing. Proc IEEE, 1981, 69(2): 267-278
- [3] Edward E. E. Frietman et al., Parallel Optical Interconnects; Implementation of Optoelectronics in Multipro-

- cessor Architectures. Appl. Opt., 1990, 29(8): 1161-1177
- [4] Guha, J. Bristow et al., Optical Interconnection for Massively Parallel Architectures. Appl. Opt., 1990, 29(8): 1077-1093
- [5] F. E. Kiamilaev, P. Marchand et al., Performance Comparison Between Optoelectronic and VLSI Multistage Interconnection Networks. J. Lightwave Technol., 1991, 29(12): 1674-1692
- [6] Michael R Feldman, Sadic CE sener, et al., Comparison Between Optical and Electrical Interconnections Based on Power and Speed Considerations. Appl. Opt., 1988, 27(9): 1742-1751
- [7] Ayliffe, et al., Comparison of Optical and Electrical Data Interconnections at the Board and Backplane Levels. Proc. SPIE, 1990, 1281: 2-10
- [8] 张以谟等, 光电混合计算机体系方案选择. 光子学报, 1992, 21(5): 18-23
- [9] 张以谟等, 光电混合并行处理器阵列的研究与实现. 93' 光计算应用技术研讨会论文集, 山东, 1993, 9: 1-3
- [10] 周 革等, 光电混合计算机阵列间的可编程双向互连方法. 光子学报, 1992, 21(5): 435-438
- [11] 周 革等, 大规模并行处理阵列中的光纤互连网络. 光学学报, 1995, 15(11): 1542-1546
- [12] 王忠祝等, 并行处理阵列中光电混合光纤 Crossbar 互连网络的研制. 光子学报, 已收录, 将于1996年10月出版

Study on the Optoelectronic Hybrid Multi-processor System with Two Arrays Interconnected by Optical Fiber Crossbar Interconnection Network

Wang Zhongzhu, Liu Desen

(Xi'an Institute of Optics and Fine Mechanics Academia Sinica, Xi'an 710068)

Abstract

A 3-D Optoelectronic Hybrid Parallel Processing Array System is constructed. This paper introduces the architecture of this system. Processor array is composed of loosely coupled distributed Army of Ants(AA) processing elements(PE). The design scheme and concepts of optical interconnection network used in the computing system is also presented. Optical interconnection network consists of crossbar switching network and optical fiber interconnect communication channels. The topology of network can be dynamically reconfigured controlled by management computer and has reconfiguration multiplicity. It capitalizes on the advantages of optical interconnect such as massive parallelism, large capability and the programming flexibility of electronic devices.

Key words: Parallel processing, Multi-processor, Optical fiber interconnection network, Transceiver.

王忠祝 男, 1971年5月生, 1993年大学本科毕业. 现从事微小光学、光互连网络与光计算方面的研究. 与天津大学合作, 研制了64PE光电混合并行阵列多处理器系统, 成功地设计了32(I/O)路双向光纤互连网络, 应用于光电混合并行阵列多处理器系统中.