

网络通信延迟对并行效率的影响*

何元清** 孙世新 陈文宇

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】介绍了并行计算模型LogP, 定量分析了LogP模型在轻载条件下, 处理网络延迟、接口开销、本地TCP协议和传输消息所需的时间。结果表明比处理机数据传输花费的CPU时间大, 网络通信延迟对并行效率的影响比处理机大; 提出了在网络并行环境中, 在考虑减少通信延迟, 提高并行效率方面, 选择高速率的网络通信设备比选择高速率的处理器更好。

关键词 并行计算; LogP模型; 并行虚拟机; 通信延迟

中图分类号 TP388.6

Network Communication Delay Effects Parallel Efficiency

He Yuanqing Sun Shixin Chen Wenyu

(College of Computer Science and Engineering, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract In this paper, the structure of LogP model is introduced, the time of network delay is more than processor, such as delay speeding, interface cost, the cost of TCP protocol, the time of message passing, the effects of is bigger than processor about parallel efficiency based on LogP in light load. As the results, it is more signification in order to reduce communication delay and improve parallel efficiency that choose highness rapidity's communications equipment than choose processor of high speed in network parallel environment.

Key words parallel computation; LogP model; parallel virtual machine; communication delay

计算机单机发展的有限性和科学计算工程需求的无限性之间的矛盾导致了计算机发展必然走上多机并行的道路, 使并行计算将成为主流模式, 并行处理技术的发展将成为国防建设、国家科技发展的主要推动力量。并行处理涉及并行体系结构、并行系统软件、并行算法及应用三个方面^[1], 其中后两者远落后于前者。并行算法是一些可同时执行的诸进程的集合, 进程间相互作用和协调动作, 从而达到对给定问题的求解。为了便于并行计算的设计、分析、可移植性好, 针对并行算法, 文献[2]提出了并行计算模型。并行计算模型是将各种并行机的基本特征抽取出来, 形成一个处于具体并行机之上的抽象并行机。目前, 已有多种并行计算模型, 其中LogP模型是90年代发展起来的比较简单又切合实际的应用模型, 比较流行。

1 LogP模型

在现有多种并行计算模型中^[3], 如PRAM模型、LogP模型、C³模型、BDM模型, 其中每一种模型只抽象了实际并行机的一个或几个方面, 尚无一种适用于所有的处理器。LogP模型选作并行算法

2001年11月20日收稿

* 信息产业部预研基金资助项目

** 男 34岁 在职博士生 讲师

设计与分析的依据, 在分析、设计并行算法时, 应充分了解LogP模型。LogP模型主要由以下4个参数:

- 1) Latency :源处理机与目标处理机之间进行消息(一个或几个字)通信所需要等待延迟时间的上限;
- 2) overhead :处理机准备发送或准备接受每个消息的时间开销, 在这段时间内处理机不能执行其他操作;
- 3) gap :一台处理机连续两次发送或连续两次接受消息时的最小时间间隔, 其倒数为处理机的通信带宽;
- 4) Processor :处理机个数。

LogP模型的特点如下:

- 1) 上述前三个参数比较准确地描述了分布式存储互连网的特征, 抓住了网络与处理机之间的性能瓶颈;
- 2) 处理机之间异步工作, 并通过处理机间的消息传送来完成同步;
- 3) 消息延迟不确定, 但延迟不大于 L ;
- 4) 鼓励编程人员采用一些好的策略, 如作业分配、计算与通信重叠及平衡的同等模式(不会出现大量消息同时涌入某个处理机);
- 5) 根据参数分析算法的通信复杂度, 预算实际运行时间。

2 基于LogP模型的通信延迟分析

从LogP模型的特点看出, 网络延迟是影响效率的重要因素, 因此分析网络延迟对并行效率的影响很有意义。

本文将LogP模型应用到通过以太网相连的并行计算环境PVM中^[4,5], PVM是目前比较流行的并行计算软件工具之一, Log模型的PVM通信模型如图1所示。图中PVM并行操作系统位于两个不同处理机之间进行消息传递。首先Task1通过本机处理有关TCP网络协议的进程, 将消息传递给本地监控进程PVMD1, 再继续工作, 不再管理消息在网络中的传输, 然后PVMD1通过面向数据报文的UDP协议, 从Task1中接受到的消息传送给监控进程PVMD2。最后, 当远程任务Task2 向PVMD2访问该消息时, 进程PVMD2再利用处理TCP协议的进程, 将消息传送给Task2, 至此一次完整的消息传送过程结束。

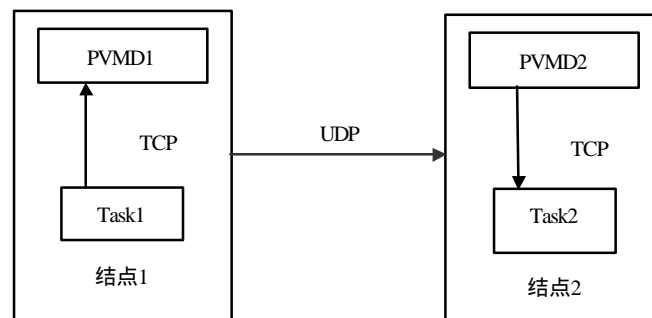


图1 LogP模型的PVM通信模型

设 $L(udp)$ 与 $O(udp)$ 分别代表网络延迟和网络接口开销时间。 $L(tcp)$ 与 $O(tcp)$ 为本地处理TCP协议进程和传送消息所需时间, 传送的消息长度为 n , 则在轻载条件下, 按串行方式该消息流经整个网络所需时间为

$$t(comm) = 2L(tcp) + 2nO(tcp) + L(udp) + nO(udp)$$

两台处理机数据传输花费的CPU时间为

$$t(cpu) = 2L(tcp) + 2n(O(tcp) + O(udp))$$

则

$$\frac{t(comm)}{t(cpu)} = \frac{2L(tcp) + 2nO(tcp) + L(udp) + nO(udp)}{2L(tcp) + 2n(O(tcp) + O(udp))}$$

因

$$L(tcp) \ll O(tcp) \quad \text{且} \quad L(tcp) \ll O(udp)$$

所以

$$\frac{t(comm)}{t(cpu)} \approx \frac{2nO(tcp) + nO(udp)}{2n(O(tcp) + O(udp))} = \frac{O(tcp) + (O(udp)/2)}{O(tcp) + O(udp)}$$

令

$$a = \frac{O(udp)}{O(tcp)}$$

由此得到

$$\frac{t(comm)}{t(cpu)} = \frac{1 + (a/2)}{1 + a} = 1 + \frac{1}{2(1 + a)} > 1$$

即

$$t(comm) > t(cpu) \tag{1}$$

式(1)说明网络通信延迟的时间比处理机对通信的处理时间多。又根据Amdahl定律,有

$$S_p = \frac{P}{1 - s + sp} \tag{2}$$

式(2)表明一个并行计算的性能由其瓶颈所决定,而非最快部分。

由式(1)、(2)说明,网络通信延迟对并行效率影响较大。因此,从工程上说,在网络环境进行并行计算时,首先应选择速率较高的通信设备(如网卡),其次才选择处理机。

3 结束语

在并行处理系统中,网络通信延迟是许多并行算法程序设计必须优先考虑的问题。本文基于LogP模型定量分析了网络延迟与处理机运行速度对并行效率的影响。分析表明,在网络并行环境中,网络通信延迟是并行算法程序设计应优先考虑的问题,配置并行计算环境时应选择高速率的网卡来提高并行效率。

参 考 文 献

- 1 李晓梅, 蒋增荣. 并行算法. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1992
- 2 Kai Hwang著. 高等计算机系统结构—并行性、可扩展性、可编程性. 王鼎兴, 沈美名, 郑纬民译. 北京: 清华大学出版社, 1995
- 3 孙家昶, 张林波, 迟学斌. 网络并行计算与分布式编程环境. 北京: 科学出版社, 1997
- 4 Grama A Y, Gupta A, Kumar V, *et al.* Measuring the scalability of parallel algorithms and architectures. IEEE Parallel & Distributed Technology, 1993, 1(3): 12-21
- 5 Albert Y Zomaya, Ward C, Mackey B, *et al.* Generic scheduling for parallel processor system: comparative studies and performance issues, IEEE Trans. Parallel and Distributed systems, 1999, 10(8): 795-812