

1. Amdahl 定律是计算机理论中的一条重要定律，它阐释了改进系统中某一部分的性能能够给系统整体带来多大的性能提升。其通用形式为：

$$\text{加速比} = \frac{\text{原执行时间}}{\text{新执行时间}} = \frac{1}{1 - F + \frac{F}{N}}$$

其中，F 为系统中受到改进的比例，N 则为被改进部分获得的提升倍率。

1) 当 F 趋于 1 时，系统加速比的极限是多少？该值有什么实际含义？

容易得到： $\lim_{F \rightarrow 1} \frac{1}{1 - F + \frac{F}{N}} = \frac{1}{1 - 1 + \frac{1}{N}} = N$

当系统几乎完全被改进时，加速比与被改进部分获得的性能提升倍率相等。

2) 当 N 趋于无穷时，系统加速比的极限是多少？该值有什么实际含义？

容易得到： $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{1 - F + \frac{F}{N}} = \frac{1}{1 - F}$

表示即使系统中某一部分性能得到无限提升，由于其他部分运行速度性能的限制，系统加速比仍存在一个确定的上限。

2. 对于一个给定的程序，如果其中 90%的代码可以被并行执行，则至少需要多少个处理器核心才能使得该程序相比单核运行获得超过 5 的加速比？该程序是否有可能获得 15 的加速比？

(1) 对于该程序：加速比 = $\frac{1}{1 - a + \frac{a}{N}}$,

其中 a 为并行执行代码所占比例，N 为并行处理器核心数量。

代入 $a = 0.9$ ，加速比 = $\frac{1}{1 - a + \frac{a}{N}} = \frac{1}{1 - 0.9 + \frac{0.9}{N}} > 5$

解得 $N > 9$

总处理器核心数量 $N_0 = \frac{N}{a} > 10$

即至少需要 11 个处理器核心才能使得该程序相比单核运行获得超过 5 的加速比。

(2) 系统加速比的极限为 $\frac{1}{1 - a} = 10 < 15$

故不可能获得 15 的加速比。

3. 假设处理器执行某程序所需要的时间比例和优化特定功能能够为该部分功能带来的性能提升幅度如下表所示：

类型	原执行时间占比	优化幅度
整型运算	10%	3x
浮点运算	60%	5x
内存访问	5%	20x
其他	25%	—

1) 如果因时间限制, 仅能完成一个功能的优化, 则选择哪个部分进行优化可以获得最大的整体加速比?

$$\text{整型运算: } \frac{1}{1-F+\frac{F}{N}} = \frac{1}{1-0.1+\frac{0.1}{3}} \approx 1.07$$

$$\text{浮点运算: } \frac{1}{1-F+\frac{F}{N}} = \frac{1}{1-0.6+\frac{0.6}{5}} \approx 1.92$$

$$\text{内存访问: } \frac{1}{1-F+\frac{F}{N}} = \frac{1}{1-0.05+\frac{0.05}{20}} \approx 1.05$$

故选择浮点运算进行优化可以获得最大的整体加速比。

2) 上述结论对于实际的性能优化过程有什么启发性?

选择占比较大的功能进行优化可以更加有效地提高性能优化效率。

4. Amdahl 定律指出了并行可以为系统性能带来提升。但在实际系统中, 最终的实际性能变化还可能受到通信开销升高等因素带来的负面影响。

1) 如果核的数量每提升 1 倍, 就会产生相当于单核执行时间 1% 的通信开销, 程序可以并行化的比例为 M%, 则 N 个核并行时总的加速比是多少?

$$\begin{aligned} \text{加速比} &= \frac{\text{原执行时间}}{\text{新执行时间}} = \frac{1}{1-M\% + \frac{M\%}{M\% \cdot N}} \cdot \frac{1}{(1+1\% \cdot \log_2 N)} \\ &= \frac{1}{(1-M\% + \frac{1}{N}) \cdot (1+1\% \cdot \log_2 N)} \end{aligned}$$

2) 当 M=80 时, 能取得最佳加速比的 N 是多少?

代入 M = 80,

$$\text{加速比} = \frac{1}{(1-M\% + \frac{1}{N}) \cdot (1+1\% \cdot \log_2 N)} = \frac{1}{(1-0.8 + \frac{1}{N}) \cdot (1+1\% \cdot \log_2 N)}$$

取极值, 得到 N = 371

7. 微处理器的功耗受到哪些因素影响? 有哪些提升微处理器能量效率的方法?

(1) 处理器的微架构、处理器的主频、存容量大小、其他因素, 如内存带宽、制程工艺等等, 都会一定程度上影响处理器的性能。

(2) 提高芯片部时钟的工作频率; 增加芯片数据总线的宽度, 提高微处理器与片外传送数据或指令代码的速率; 采用能够并行执行指令的微体系结构及其它相关技术。

8. 什么是量子计算机? 量子计算机相比传统计算机的优劣是什么?

量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息, 运行的是量子算法时, 它就是量子计算机。

量子计算机与传统计算机比较起来, 信息处理量愈多, 量子计算机实施运算也就愈加有利, 更能确保运算的精准性。量子并行计算使得多个读取和计算可同时进行, 提高了运算效率。但由于量子的不可克隆性, 量子计算机无法实现经典计算机的纠错应用以及复制功能。