CG 和 GMRES 在图形处理器上的实现技术

初 晴

摘 要

本文的主要内容是如何在图形处理器 (GPU) 上实现数值运算, 分别利用图形应用程序接口 OpenGL 和一种新型的统一计算设备架构 (CUDA) 来实现线性方程组的迭代解法：共轭梯度方法 (CG) 和广义最小剩余方法 (GMRES)。

基于图形处理器在数据并行计算方面的优越性, 本文利用和设计了适应图形处理器自身特点的实现模型和数据结构。在使用图形应用程序接口 OpenGL 时, 将通常的数组等数学模型转化成纹理等相应的图形模型进行存储和计算。在完成简单的数值运算操作的基础上, 实现了共轭梯度方法和广义最小剩余方法。在实现后者时, 为了充分的利用图形处理器稠密数据运算的特点, 其中的一部分运算仍然在 CPU 中完成, 提高了计算的性能, 但同时也增加了 CPU 和 GPU 之间的数据传输量。

而在应用统一的计算设备架构 CUDA 时, 利用 CPU 和 GPU 的可编程性, 根据不同的硬件环境采用类似于在 CPU 中编程的数学计算模型, 并设计数据结构和存储方式; 同时应用两种计算设备, 充分的利用计算设备各自的特点, 特别是图形处理器的特点, 发挥出各自在计算上的特性, 可以比较好的解决上述在利用图形应用程序接口时出现的问题, 从而提高计算速度和性能。本文中涉及 OpenGL 的实验基于 NVIDIA Geforce 6800 系列图形处理器, 和 AMD Sempron 2500+ 系列 CPU; 涉及 CUDA 的实验基于 NVIDIA Geforce 8400M GS 系列图形处理器和 Core 2 Duo T5470 CPU。在文中的数值实验中, 图形处理器均表现出了强大的计算性能。

关键词: 图形卡, OpenGL, CUDA, 共轭梯度方法, 广义最小剩余方法