

医学可视化网格平台的设计与实现

康雨, 闫相国, 郑崇勋, 陈杰

(西安交通大学生物医学信息工程教育部重点实验室, 710049, 西安)

摘要: 提出利用网格技术, 将现有普通计算机计算资源联合起来, 共同完成复杂的三维可视化任务. 参与可视化任务的每个任务节点都提供一个网格服务, 用户可以在任意的一个节点上提交任务. 可视化网格平台根据资源信息列表, 从使用状态动态变化的计算机当中选择出合适的机器作为任务节点参与可视化工作. 测试结果表明, 提出的网格平台可用于开发基于网络的医学图像归档与传输系统, 实现图像后处理.

关键词: 计算网格; 可视化; 资源查找

中图分类号: R319 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-987X(2007)08-1000-03

Design and Implementation of a Grid Platform for Medical Visualization

Kang Yu, Yan Xiangguo, Zheng Chongxun, Chen Jie

(Key Laboratory of Biomedical Information Engineering of Ministry of Education, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

医学图像三维可视化在临床医学上具有十分重要的作用, 借助于三维可视化技术, 医生可以将病人的CT、MR等二维切片图像变换成更加直观的三维立体模型, 从而更加准确地进行诊断和指导手术^[1]. 目前, 从多幅高分辨率的二维图像切片进行三维可视化的过程一般都需要高性能的计算机完成, 如SGI图形工作站或者集群机^[2], 这需要医院进行专门的设备投资, 而且使用地点固定, 限制了临床应用. 另一方面, 医院里配置的大量计算机, 绝大多数时间CPU都处于空闲阶段, 如果能够将这些闲置资源充分利用起来, 则可以提供相当大规模的计算能力. 最近几年迅速发展的网格计算技术^[3]为我们提供了新的思路和计算手段.

1 系统结构描述

本文研究目标是在医院中利用现有的计算机资源, 通过网格技术实现医学图像三维可视化. 医院中的网络一般由单个或者多个局域网组成, 假设医院内的网络状况和机器状态相对稳定, 即在进行三维可视化的过程中不会出现断线和节点失效的情况. 我们在实验室中实现了该三维可视化计算网格, 如图1所示, 其中每一个节点都可以发起三维可视化

任务. 图1也显示了在该结构中, 网络是如何运行的. 箭头1表示任务发起的节点从信息服务器上获取当前可用节点的计算资源状况信息, 箭头2表示任务发起的节点根据获取的信息选择适量节点进行计算任务的分配, 最后收集结果并进行整合, 从而得到最终的图像.

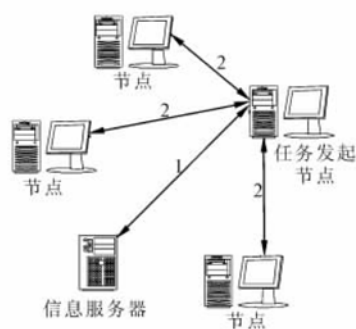


图1 医学三维可视化网格实验平台的结构框架

文中的网格平台是基于 Globus Toolkit 4.0 (GT4)^[4]进行构建的. 由于是开源软件, 通过使用和研究这些现有的服务, 可以大大加快对网格设计与实现的学习和理解, 能够有效地加快应用项目开发的进度.

2 系统的实现

2.1 资源注册与查找

本文利用 GT4 中的资源收集服务和资源索引服务组件实现网格平台中的资源搜索与查询服务^[5]. 网格平台的资源注册采用的是树形结构,如图 2 所示. 一个局域网中的机器向本地服务器进行资源注册,然后该网络的服务器再向更高一级的网络服务器进行资源注册.

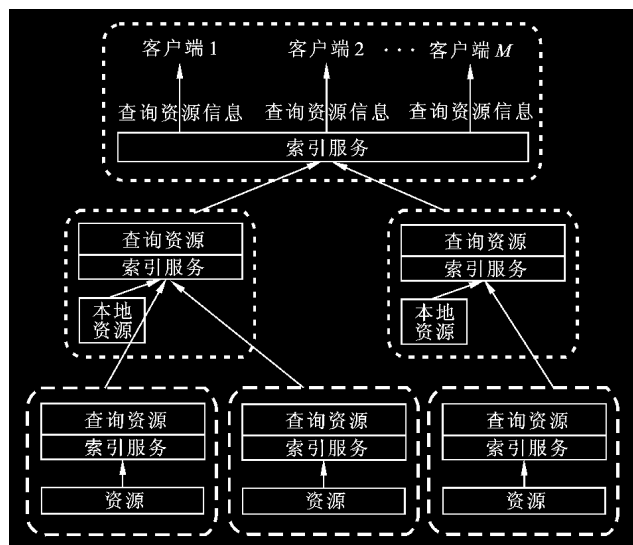


图2 医学网格平台资源注册与查询模型

2.2 并行化 Sharp-warp 算法实现任务分布处理

Sharp-warp^[6]最突出的特点就是通过变换,将观察者从不同角度观察物体时形成的穿透物体的一条条射线变换成与数据切片表面互相垂直的形式,这一新的坐标系称为“被修剪的目标空间”,这样简化了视觉射线在到达不同表面时候的定位操作,能够更加快速地完成体绘制计算,然后再通过坐标反变换得到最终的图像.

本文根据 Sharp-warp 算法的特点,对其进行了并行化修改. 在新的坐标系中,以观察者视线方向为 z 轴,沿 z 轴将体数据划分成若干块,将这些块分配给不同的节点进行体绘制. 考虑到不同节点当前的计算能力不同,该算法中的每个块的大小可以配合调度算法进行调整,并行化算法表示为

```
for  $z_0 = \text{Part\_beg}(j)$  to  $\text{Part\_end}(j)$ 
  for  $y_i = 1$  to  $\text{ImageHeight}$ 
    for  $x_i = 1$  to  $\text{ImageWidth}$ 
      foreach  $y_0$  in  $\text{ResamplingFilter}(x_i, y_i)$ 
        foreach  $x_0$  in  $\text{ResamplingFilter}(x_i, y_i)$ 
          add contribution of  $\text{Voxel}[x_0, y_0, z_0]$  to
```

$\text{ImagePixel}[x_i, y_i]$,

其中 j 为块索引变量,在 z 轴方向上,每个块的宽度为 $\text{Part_end}(j) - \text{Part_beg}(j)$. 当前的平台根据每个节点当时的计算能力信息来决定所负责的数据块的大小,然后把各个节点进行体绘制得到的中间图像在一个节点上汇集并整合为一幅图像,利用文献^[6]中算法

$$L(x) = \sum_{i=0}^{n-1} c_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - a_j) = c_0 + c_1(1 - a_0) + c_2(1 - a_0)(1 - a_1) + \dots + c_{n-1}(1 - a_0) \dots (1 - a_{n-2}) \quad (1)$$

式中: c_i 为规范化颜色; a_j 为不透明度. 最后,再通过坐标反变换得到最终图像.

3 系统运行结果

本文实验中采用的体数据是 $512 \times 512 \times 360$ voxels,由一组人脑部 MR 图像变换后进行上采样扩展生成. 实验使用 4 台内存大小为 256 Mb(节点 1~4)、CPU 频率为 2.8 GHz 的计算机和一台内存大小为 1 024 Mb(节点 5)、CPU 频率为 2.8 GHz 的计算机,模拟现实中的不同配置、不同运行状态下的计算机联合完成一项任务的情况. 高配置的计算机(节点 5)同时也作为资源信息服务器来提供资源的注册与查找服务. 该实验在一个局域网中进行,内部理论最大传输速率为 100 Mb/s. 图 3 显示了实验的执行过程与结果图片.

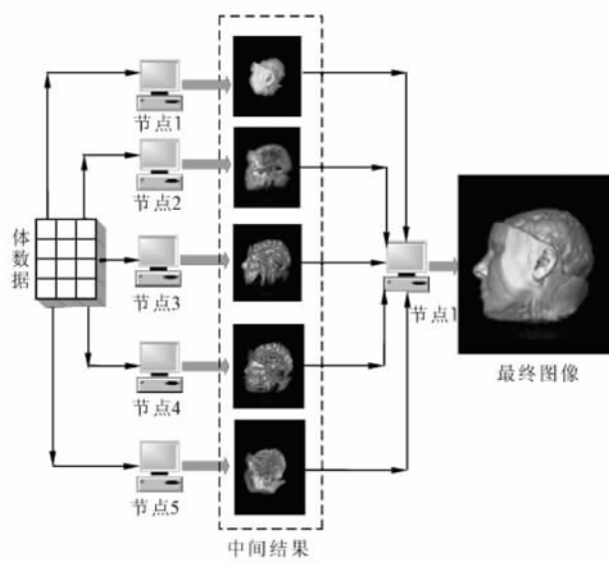


图3 医学三维可视化风格运行过程与结果

首先,节点 1 向资源服务器查询获得当前可用的 4 个节点 2~5,然后生成任务分配脚本,使得被选中的节点(这里节点 1 自身也参加了运算,图中两

处节点1代表同一节点)开始读取各自负责处理的部分体数据并开始运算,每个节点计算出一个中间的运算结果并以文件的形式保存下来,图3中的“中间结果”表示的是中间结果数据文件的图形,然后将这些结果文件重新传送到任务的发起节点1,将这些中间结果进行整合和反变换从而得出最终图像。

通过本文的实验可以看出,资源的注册与查找解决了网络上分布的、使用状态动态变化的多台计算机如何被快速发现和有效利用的问题。三维体绘制算法的分布式并行化使得每个加入的节点只需要关心自己所要处理的那部分数据,从而降低数据传输和运算时间,提高整体系统的效率,完成单台计算机难以实现的大数据量的医学可视化工作。

4 结 论

目前,医院使用大量的普通计算机并且在使用过程中有大量的空闲资源,针对这种情况,本文提出了以医院现有的信息技术基础设施为基础,在不增加硬件投资的情况下构建的医学三维可视化网格平台。该平台结合了资源注册与自动搜索技术、三维可视化技术、并行运算技术等,以GT4网格中间件为基础,实现了医学三维可视化的功能。从实验结果可以看出,在医院实现该网格平台是可行的。该技术可用于构建基于网格的新一代医学图像归档与传输系

统,实现医学图像的后处理。

参考文献:

- [1] Ma B, Ellis R E. Robust registration for computer-integrated orthopedic surgery: laboratory validation and clinical experience [J]. Med Image Anal, 2003, 7(3): 237-250.
- [2] Kawasaki Y, Ino F, Mizutani Y, et al. High-performance computing service over the internet for intraoperative image processing [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2004, 8(1): 36-46.
- [3] Foster I, Kesselman C. The grid: blueprint for a new computing infrastructure [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [4] The Globus Project. Globus toolkit 4.0 release manual[EB/OL]. 2007-01-18. <http://www.globus.org>.
- [5] Sotomayor B, Childers L. Globus toolkit 4 programming Java services [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2006.
- [6] Lacroute P G. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of the viewing transformation, Tech Rep, CSL-TR-95-678[R]. Palo Alto: Stanford University, 1995.

(编辑 杜秀杰)

[文摘预登]

同步一类结构部分未知混沌系统的自适应非线性观测器

王晶¹, 高金峰², 马西奎¹

(1. 西安交通大学电气工程学院, 710049, 西安; 2. 郑州大学电气工程学院, 450002, 郑州)

针对一类结构部分未知混沌系统,设计了一种含有补偿器的自适应正交神经网络非线性观测器。这种自适应非线性观测器以混沌系统的线性部分能准确复制为前提,利用正交神经网络的非线性逼近能力实现结构部分未知混沌系统在状态不可测情况下的同步。在所设计的观测器中,正交神经网络的权值和补偿控制器的自适应调节规律都是通过 Lyapunov 稳定性原理推导所得,保证了闭环系统的稳定性,且补偿输入小、同步速度快。理论研究和仿真结果都表明,基于正交神经网络的非线性观测器在被观测混沌系统存在结构部分未知情况时,仍然能完成混沌系统的大范围同步控制,并且这种同步控制方法收敛速度快,所需控制量小,实用范围广。