

面向对象技术在行波管 CAD 中的应用*

徐林** 杨中海 莫元龙

(电子科技大学高能电子所 成都 610054)

【摘要】 应用面向对象技术设计基于客户/服务器模型的分布对象计算环境,采用完全的数据并行处理方式提高行波管 CAD 科学计算能力。系统具有良好的并行性和集成性,代码具有较强的可重用性、可扩展性和可维护性。文中给出了实现行波管注波相互作用科学可视化的体系结构和关键技术。

关键词 行波管; 面向对象; 分布对象计算; 计算机辅助设计

中图分类号 TP391.72

行波管的制造涉及到电子光学、磁学、阴极电子学、微波电子学、电磁场理论、材料学、机械与热分析诸多学科,工艺过程十分复杂。计算机技术的发展与应用,极大地促进了行波管技术的进步。同时,提高行波管的设计能力,缩短开发周期,减少整管硬件实验,改善行波管性能,固化已有经验,也愈来愈离不开电子计算机。为此发达国家都在进行不同规模的微波管 CAD 研究,目前正在向 CIMS 方向发展,1991年美国国防部投资开发了一个功率微波管高级计算环境(MMACE),其技术特征包括三个方面:

1) 网络计算 以网络计算环境为系统平台设计系统集成框架,实现整管的协同设计和设计微波管各部件多种专用计算机软件的自由挂接及数据的分布共享;

2) 科学可视化 基于微波管科学计算,综合计算机图形学和图像处理技术,实现对微波管 CAD 全过程的驾驭;

3) 高维数值分析 分布计算环境有极强的计算能力和容错能力,为实现高维物理模型的数值分析提供了保障。

此外,西欧其他国家和前苏联也做了不少工作,俄罗斯在厘米波段的行波管 CAD,装管可一次成功。这些动向表明,微波管 CAD 极为重要,并且正在由当初的单机数值计算向网络计算发展,分布计算和科学可视化已成为当今世界 CAD 的一个重要发展方向^[1-3]。分布对象计算把客户/服务器计算模型与面向对象技术结合在一起^[4-6],形成分散对等的协同计算实现方式。行波管 CAD 中应用分布对象计算,可实现高速局域网上多台处理机不同线程的相互协作,共同完成复杂的行波管科学计算和可视化。系统具有良好的并行性、集成性和较强的计算能力。

1 体系结构

行波管 CAD 的核心环节是对电子注与电磁波的自治非线性相互作用进行计算^[7]。采用三维物理模型导出的非线性方程组,每步迭代计算的时间复杂性为 $O(4n^9)$,整个过程需要数百步,在单台普通工作站或高性能微机上都无力独立完成^[8]。一种变通的方法是适当简化物理模型以减少需要求解的方程数量,但是对于化简的合理性和有效性往往只能给出定性分析,而不能定量把握其对最终数值计算结果的实际影响,极有可能失去三维数值分析的意义。面向工业制造的行波管 CAD 客观上要求对注波三维非线性相互作用进行精确求解,建立在高速局域网平台上的分布计算,可以集中多台计算机的能力联合求解三维非线性方程组,实现行波管注波相互作用科学可视化。

可视化系统是一个基于分布对象计算的现代并行处理系统,网络系统平台提供 TCP/IP 通信服务以支持 RPC 协议栈,计算模型基于客户/服务器请求/应答协议。

1998年6月23日收稿,1999年1月7日修改定稿

* 国家自然科学基金资助项目,基金号:19685003

** 男 32岁 博士生

图 1 给出了基于客户/服务器模型的可视化系统的体系结构。它由一组特定于数值分析和可视化的服务器线程、一组特定于用户交互的客户线程和一组相应的 agents 组成。agents 在逻辑上构成了基于 RPC 的 Multi-agent 协作通信模型。初启时，随主机一同启动的系统 daemon 守护线程用广播的形式向外声明本主机将加入分布计算环境，这样，在有限时间内可以建立起一个节点网络，然后用多目标报文发送本地主机的系统资源配置信息给其他参与分布计算的主机，由它们创建自治的客户 agent(发起分布任务调度)和服务器 agent(具有公开的 sockets 地址)，最后 daemon 对象自动析构，系统由引导状态进入自检。

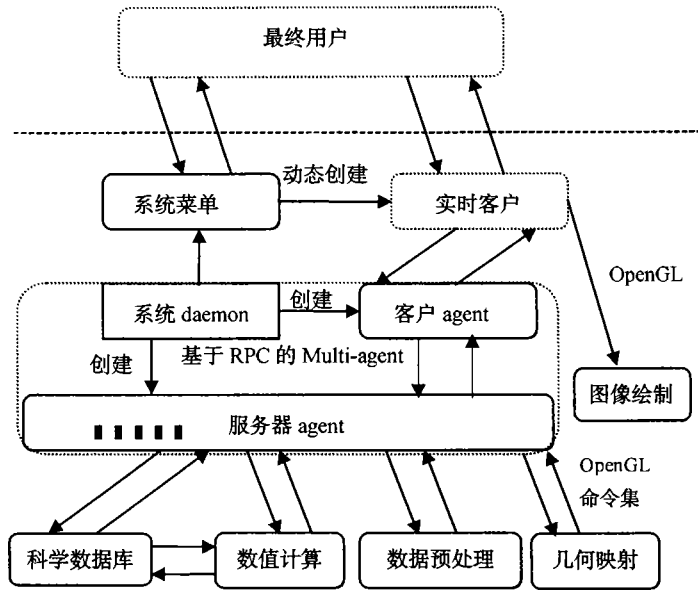


图 1 行波管注波相互作用可视化系统体系结构

客户分为系统客户和实时客户两种，系统客户是一个由守护线程创建的菜单对象，对于每个主机至多只有一个(缺省时)，用户通过它设置系统的运行环境和行波管注波相互作用科学计算参数。实时客户由系统客户根据用户需求动态创建，实现为支持 OpenGL 图像绘制的 Visual C++/MFC 中的两个处理显示和数据的类对象 CView 和 CDocument，用户通过它们获得服务并发布新的服务请求。服务器包括科学计算数据库对象、求解三维非线性方程的数值计算线程、科学可视化中的数据预处理线程、几何映射线程和图像绘制线程。数据库服务器用于存放和管理后处理数据以及数值计算的中间结果、临时数据。数据预处理服务器将计算产生的原始数据规范化为应用数据，然后由几何映射服务器将其分类变换成几何数据，并生成相应的 OpenGL 命令集合。图像绘制服务器执行由客户指定的 OpenGL 命令流，并实时响应本地主机上用户变化视景的请求。

2 基于消息传递的 Multi-agent

面向对象方法^[9]一种对应于真实世界的抽象思维方式，它提供了对客体概念模型的抽象描述。面向对象软件把数据及与之关联的过程包络在一个对象内，使对象成为比过程和结构层次更高的计算实体。对象既可以像数据一样地被处理，又可以像过程一样地去描述处理的流程和细节，因此面向对象的概念具有天然的并行机制，比较自然地模拟了人类认识客观世界的方法。应用面向对象技术设计基于客户/服务器模型的分布对象计算环境，目标是构造基于消息传递的 Multi-agent 协同工作机制，图 2 给出了这个客户/服务器应用系统内核的典型工作过程，其中时序 1~ 6 是系统进入常规运行后客户定位服务器的标准 RPC 语义。

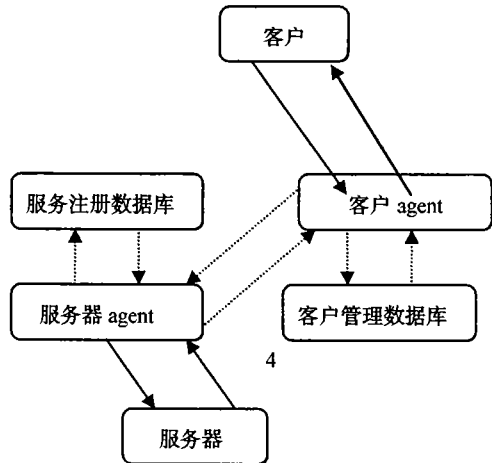


图 2 基于消息传递的 Multi-agent

分布计算的技术核心在于设计客户 agent 和服务器 agent。服务器 agent(SA)负责注册、维护和

定位本地服务器, 客户 agent(CA)是本地客户请求的服务直接提供者。自检的主要流程是 SA 将本地的服务器住留地址和服务调用接口定义透明地写入公开的服务注册数据库对象(SRD), CA 将本地客户发起的分布任务透明地写入公开的客户管理数据库(CMD)。

2.1 设计 SRD

SRD 能接受 SA 的服务注册和服务注销, 并提供查询功能为 SA 定位合适的服务器, 因为可以有多个服务功能相同的服务器分布在系统中。服务注销表示该服务已不可用, 并将消息广播给所有的 SA。

2.2 设计 CMD

CMD 维护一张用于控制计算流程的总的系统负载平衡表, 一张用于管理本地客户的客户登记表。同时, CMD 具有实时地保护计算进度的能力, 可以使系统恢复上一次的计算环境, 因而具有原子事务处理能力。

2.3 设计 SA

设计 SA 的核心是如何有效地定义服务调用接口以实现方法匹配激活客户应用请求的方法, 为客户应用提供服务。采用动态联编机制, 由用户在构造新服务器时, 指明服务方法的引用方式, 在注册服务器时通过引用方式匹配生成相应的服务调用接口。这样, 只要 SA 支持相应的引用方式, 现存的行波管科学计算软件模块就可以灵活地挂接到系统中来, 而与它们使用的开发语言无关。SA 进行的消息处理流程如下:

- 1) 在系统引导和自检后, SA 开始侦听各种不同类型的消息, 如收到, 则进行消息解析, 并提取类型编码, 判断消息类型;
- 2) 如果是服务器请求注册, 则调用动态联编过程进行引用方式匹配, 生成相应的服务调用接口, 并向 SRD 发出注册请求报文, 然后继续侦听;
- 3) 如果是定位服务器, 则启动服务匹配过程。成功则将服务调用接口和服务器住留地址打包成一个应答报文发送回去, 然后继续侦听; 否则发送服务匹配出错报文, 继续侦听;
- 4) 如果是请求撤消服务注册, 则向所有 SA 和 CA 发送相应的撤消服务撤消报文, 然后继续进行侦听;
- 5) 如果是建立在线交流请求, 则将该消息转发给本地 CA, 然后继续侦听;
- 6) 如果是退出系统, 则逐一地析构所有与之关联的对象, 然后析构 SA 自己。

系统中的线程在进行消息通信时有两种方式:

- (1) 同步方式 表示客户线程发送一个服务请求后, 即被挂起等待服务方的回答消息, 直到服务方返回了应答消息, 该客户线程才被唤醒。
- (2) 异步方式 表示客户线程发送一个服务请求后, 并不等待服务方一定要立即回答, 却转而继续执行其他任务, 直到服务方返回了应答消息, 客户线程才去取回结果。显然, 这是一种高效的并发工作方式, 有利于提高系统性能。

2.4 设计 CA

由于服务调用接口是面向客户应用的, 设计 CA 遇到的参数传递问题由服务器自身解决, 因而降低了系统的复杂性。

分布式任务调度算法是设计 CA 的核心, 系统中使用 n 台(8 台)Digital 400i 工作站互连而成 NT 局域网, 各计算机彼此对等。求解注波互作用三维非线性方程组的关键是计算运动方程中的三维空间电荷场, 这是一个复杂的积分运算, 采用四维网格插值。为了充分利用系统资源, 在迭代前把网格空间等分为 n 个区间, 每个区独立计算, 各区的计算相同, 这是一种彻底的数据并行计算方式, 提高了计算能力。数值实验表明, 对于含三个节点的系统其加速比达到 1.69。但是, 使用这种分布计算策略, 要求将分布于 n 台计算机的四维网格数据汇总, 可能引起瞬时网络拥塞, 同时每台计算机也需要独立处理数据报文的定序问题, 对此, 可以作进一步的工作。

3 结束语

行波管 CAD 中应用面向对象技术设计基于客户/服务器模型的分布式对象计算环境, 其核心是建立 Multi-agent 协同工作机制, 为大规模数值分析和可视化设计提供足够的计算能力和数据的分布共享能力, 提高行波管 CAD 系统的可用性、通用性、先进性和完整性, 为此开发出行波管注波相互作用三维非线性视算分析软件, 内含 Visual C++源代码两万一千行。系统将高速 NT 局域网集成为性能价格比优良的分布式科学计算可视化平台, 今后, 我们将对各个对象模块作进一步的优化和配置。

参 考 文 献

- 1 Tanenbaum Andrew S, Distributed operating system. Beijing: Tsinghua University Press & Prentice Hall International, Inc, 1995: 50~98
- 2 Khanna Red. Distributed computing: implementation and management strategies. New York: Prentice Hall Inc, 1994, 33~39
- 3 McCormick B H, DeFanti T A, and Brown M D. Visualization in scientific computing. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 1987, 21(6):34~38
- 4 Chin R S, Chanson S T. Distributed object-based programming systems. ACM Computing Surveys, 1991, 23(1):91-124
- 5 Vinoski S, Schmidt D. Doc by example: Modeling distributed object applications. C++ Report, 1995, 7(2), 64~68
- 6 Xu L, Yang Z H, Mo Y L. A network computing environment for TWTs-CAD. The International Journal of Infrared & Millimeter Waves, 1999, 20(5):21~30
- 7 白安永, 邹长民, 莫元龙. 谐波相互作用的行波管二维自洽非线性理论. 电子科技大学学报, 1996, 25 (增1): 43~47
- 8 Xu L Yang Z H, Mo YL. Three-dimensional numerical analysis for millimeter-wave TWTs. The International Journal of Infrared & Millimeter Waves, 1999, 20(3):39~48
- 9 Booch G. Object oriented analysis and design(2nd ed). Menlo Park, California: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, 1994, 21~44

Application of Object Oriented Technology in TWT-CAD

Xu Lin Yang Zhonghai Mo Yuanlong

(Inst. of High Energy Electronics, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract Local Area Networks(LANs) are good system platforms used in network computing with excellent price/performance ratios. TWT-CAD comprises complicated scientific computing involving various disciplines. The multi-agent oriented model provides TWT-CAD system with the abilities of coordinate computing and distributed data-share while greatly improving its availability, generality, superiority and integrity. Based on the software architecture, twenty-thousand-line Visual C++ codes are developed to run on a Windows NT LAN, visualizing the beam-wave 3D nonlinear interaction. The further work is to optimize and configure its object modules.

Key words traveling wave tube; object oriented technology; distributed object computing; computer-aided-design