

# 基于 COM/DCOM 的分布式优化设计系统

臧泽帅, 金海波, 丁运亮

(南京航空航天大学航空宇航学院, 南京 210016)

**摘要:** 优化任务中计算量的增加和网络的发展, 使人们开始关注分布式优化技术。分布式优化技术把计算机科学领域的分布式对象技术应用于优化学科。分布式优化具有提高优化效率, 充分利用现有资源, 降低计算成本以及缩短设计周期等优点。给出了一个算例, 证明所开发的系统能够获得预期效果。

**关键词:** 分布式对象; COM/DCOM; 分布式优化设计

## System of Distributed Optimization Design Based on COM/DCOM

ZANG Zeshuai, JIN Haibo, DING Yunliang

(College of Aerospace Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

**【Abstract】** The increment of calculation measures and development of network make people start to pay attention to the distributed optimization design technology. Distributed optimization design technology applies the distributed object technology of computer science to optimization design subject. It has many advantages, such as increasing calculation efficiency, that making use of current resources adequately, lowering the calculation cost and shortening the period of design. The article gives an example, proves this system can obtain the anticipant effect.

**【Key words】** Distributed object; COM/DCOM; Distributed optimization design

随着优化技术在工程领域中应用的深入, 现代优化所要解决的问题愈加复杂, 计算量也越来越大。因此, 近年来并行计算在优化学科的应用得到广泛关注。但是, 传统的并行计算一般采用多处理器的大型机, 对计算机的要求较高, 计算成本也相应的较高; 另外, 并行系统与平台联系较为紧密, 使得并行优化系统在普通平台上的普及有一定的困难。随着工作站和 PC 机的逐渐普及以及网络的高速发展, 利用多节点共同完成一个计算任务成为可能并成为一种趋势。

作者所研究的是基于 COM/DCOM 分布式对象技术的、以局域网为计算环境的分布式优化计算系统。分布式对象技术, 是实现多台计算机跨网络通信的技术, 为网络计算平台上软件的开发提供了强有力的解决方案。目前, 分布式对象技术已经成为建立服务应用框架和软件构件的核心技术, 在开发大型分布式应用系统中表现出了强大的生命力。COM/DCOM 是 Microsoft 提出的一种分布式对象技术, 具有语言无关性、位置无关性以及组件可重用性等特点。由于 DCOM 是 Microsoft 所推崇的技术, 又无缝集成于 Windows 操作系统中, 因此 DCOM 是在 Windows 平台机群中进行分布式计算的理想选择。

### 1 COM/DCOM 技术简介

COM (组件对象模型) 技术是微软公司提出的一种基于二进制标准的、语言和位置无关的组件通信标准与规范。它使各软件组件以一种统一的方式进行交互。基于 COM 的组件有两种格式: 一种是进程内组件, 一般为动态链接库格式 (.dll); 另一种是进程外组件, 一般为可执行文件格式 (.exe)。

进程外组件可以位于同一台计算机上也可以位于不同的计算机上, 微软提出了 DCOM 技术实现 COM 组件的远程调用, 从而实现了不同计算机上组件的交互。DCOM 简单说就是 COM 加上一条较长的线 (COM with a longer wire), 即

COM 的基层扩展。DCOM 可以本地化地与 Internet 技术如 TCP/IP、Java 语言和 HTTP 网络协议协同工作, 并提供对象接入, 使各种商业应用在 Web 上畅通无阻。DCOM 为位于网络不同节点上的组件提供了互操作性基础, 本课把 DCOM 作为分布式应用系统的基本框架。

### 2 分布式结构优化系统

在实际工程应用中, 传统的优化方法对分析复杂结构的工程问题还是非常的棘手, 比如复杂结构的气动、有限元分析等计算量非常大, 从而导致设计效率低, 设计周期长。传统的优化方法一般采用经验公式加精确计算的方式来提高设计效率。本文把计算机科学领域的分布式对象技术运用于优化学科, 采用 DCOM 技术把优化设计中极为耗时的分析计算部分分布到局域网内的多台计算机上并结合合适的近似分析方法, 从而提高优化设计的设计效率、缩短设计周期。

在本文所构造的分布式优化计算系统中, 一台计算机负责构建优化模型、任务的分配以及整个优化过程的控制, 局域网内的所有计算机都是相互独立和对称的, 能并行地实现任务的接收、计算和结果的发送。

整个分布式计算系统的体系结构如图 1 所示, 系统利用局域网内的计算机进行计算, 发起计算请求的客户端机器上装有 CONTROLLER 组件, 所有能够加入计算的远程节点安装有 DODCEServer 组件, 节点之间的通信建立在 DCOM 的基础之上。CONTROLLER 和 DODCEServer 是相互独立可独立执行的组件。

发起计算请求的客户机器 (图 1 中标识为本地计算机) 是唯一需要安装 CONTROLLER 组件的节点, CONTROLLER

**作者简介:** 臧泽帅 (1982 - ), 男, 硕士, 主研方向: 分布式计算; 金海波, 讲师、博士; 丁运亮, 教授、博导

**收稿日期:** 2005-10-16 **E-mail:** sursure@hotmail.com

组件(以下简称控制器)控制整个系统的开始、停止和关闭。系统启动时它负责网内各节点的注册工作,保存各节点信息;在系统运行阶段,它可以获取并保存各节点的状态信息以被用户查看和查询。除了节点管理功能外,优化模型的建立、计算任务的分配、计算结果的接收和优化过程的控制等系统核心功能也在此实现。

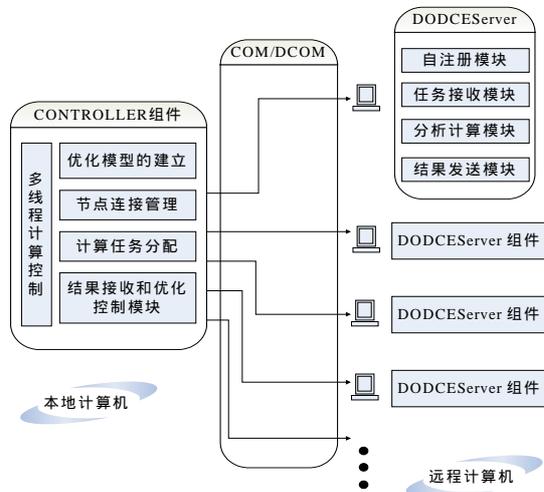


图1 系统体系结构

远程计算机负责具体的分析计算部分,客户机也可以安装 DODCEServer 组件,这样自身也将可以加入计算。DODCEServer 组件包括自注册模块、任务接收模块、分析计算模块和分析计算结果发送模块等 4 个主要模块。

### 2.1 系统的通信机制

整个系统的通信建立在 DCOM 的基础之上,本系统多数涉及的是远程通信。计算机之间的 DCOM 通信机制如图 2 所示。

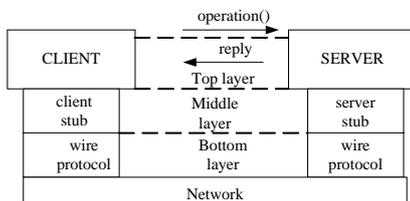


图2 计算机之间基于 DCOM 的通信机制

在 COM 世界中,接口是客户和服务端组件之间的协议与合同,组件实现接口,客户调用接口。COM 编程的第 1 步就是描述接口,由此可见,接口在 DCOM 通信中的重要性。在本系统中,DODCEServer 的每个模块都实现了若干个接口,每个接口包括一个或一组函数,接口只声明这些函数,函数的具体实现则在实现该接口的具体模块中定义。为了做到语言无关性,接口定义需采用 IDL (Interface Define language) 语言。例如 DODCEServer 组件的任务接收模块实现了一个 ITransferFile 接口,用于文件传递功能,该接口的 IDL 定义如下:

```
[
    object,
    uuid(974F706A-B717-4185-A3B7-1ECA60B35168),
    dual,
    helpstring("ITransferFile 接口"),
    pointer_default(unique)
]
interface ITransferFile : IDispatch
```

```
{
    [id(1),helpstring("方法 GiveFile")] HRESULT GiveFile([in]
    BSTR bstrFileRow);
};
```

在 Interface 关键字之前,是该接口的属性定义。第 2 行指定了该接口的标识 (IID),IID 是一个全球唯一的 128 位数值,唯一标识一个 COM 接口,以达到所有的 COM 接口在 COM 世界的共享。从定义中可知,该接口自 IDispatch 接口继承而来,并且包含一个名为 GiveFile 的函数,该函数有一个属性为 in 的参数,表明调用此函数的客户需要向实现该接口的对象(即任务接受模块)传递一个 BSTR 类型的参数,该参数在本系统中的实际意义是所传递文件的行字符串。另外,用属性 out 定义实现该接口的对象返回给客户的参数。即 in/out 属性定义了参数的传递方向。该函数返回值为 HRESULT 类型,它是一个 32 位值,包含有远程函数调用成功与否以及具体的错误信息。每次进行 DCOM 接口函数调用后,都应该检验此返回值以确认调用是否成功完成。

了解了接口的重要性及其定义方法之后,就可以描述基于 DCOM 的通信机制了。在控制器和远程 DODCEServer 组件的连接阶段,控制器调用 COM 运行时函数 CoCreateInstanceEx(),调用时指明所请求模块对象的对象标识 (CLSID) 和所请求接口的接口标识 (IID)。如果所请求的对象在 DODCEServer 组件中已定义,则对象实例被创建,而后服务端 COM 运行时自动在新实例中查找客户所请求的接口,如果对象实现了该接口,则接口指针被返回给客户。成功创建远程组件和得到接口指针是 DCOM 通信机制的关键。这些完成之后,控制器就可以通过该接口指针和 DODCEServer 进行交互了。客户通过接口指针调用接口中定义的函数,就像调用在自己的地址空间中定义的函数一样,只不过这时该函数的执行是在远程机器上完成的。例如客户通过调用上述的 GiveFile()函数,就可以把文件的行字符串传递到远程节点。

### 2.2 节点注册和连接管理

既然是分布式系统,那么系统就应该实现节点管理功能。控制器启动时向网内的各节点发送消息,各节点接收到消息后向控制器注册,表明自身机器运行良好,可以承担计算任务。这样控制器就得到了网内所有可用的节点资源。本系统中的注册信息包括节点名称和 IP 地址,控制器接收到注册信息后,存储在本地节点信息库中。

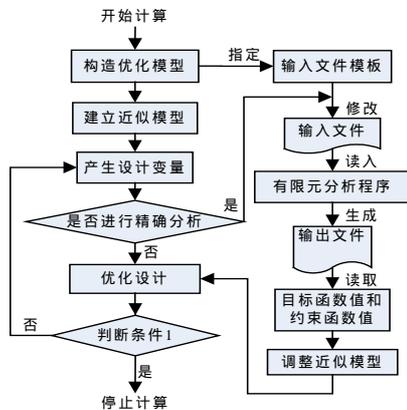
在系统的运行阶段,当一个节点已经接收任务并开始执行计算时,控制器在节点信息库中将该节点标识为忙碌,这时用户不能再向该节点分配任务;等节点执行完成并返回计算结果之后,控制器更改节点标识为空闲,此时用户又可以向该节点分配新的计算任务。这样系统也就简单地实现了负载均衡功能。

在系统执行过程中,用户可能希望某个或某些节点不需要参与到系统计算中,对此控制器提供了节点注销功能,注销后的节点即相当于不存在的节点。节点注销的好处是本系统的执行不会影响这些节点的正常使用,以及这些节点的使用、崩溃和关机不会影响到本系统的执行效率和可靠性。

### 2.3 计算数据管理

整个系统的计算流程如图 3 所示。系统在开始计算时首先构造优化模型,这里面还包括了建立近似分析模型、指定输入文件模板和设置初始设计变量等工作。执行有限元分析

的程序是通过读取文件来进行分析计算的,所以产生其相应格式的输入文件是必需的工作。输入文件模板是一个已经存在的文件,它是分析程序的标准输入格式。系统每次需要进行有限元分析时,其读入的输入文件都是通过修改该模板文件产生的。具体地,当某个设计点需要进行有限元分析时,系统用该设计点的各设计变量值替换模板文件中相应位置上的旧设计变量值,从而产生该设计点的有限元分析输入文件。



注:判断条件1为是否达到精度要求或最大迭代次数

图3 计算流程

有限元分析程序读入输入文件进行分析计算,计算完成生成输出文件,应用程序通过读取输出文件获取目标函数值和约束函数值,而后利用这些计算结果调整近似模型,进行新一轮的优化设计。

### 2.4 多线程及其分布式的实现

系统中各节点是相互独立且并行运行的,控制器使用多线程实现各节点的并行计算。系统中线程的数目等于实际参加计算的节点数,每个线程对应一个计算节点。主线程负责各线程的创建、优化设计新的设计点以及各线程的同步操作。

当系统开始计算时,控制器根据用户所选择节点的数目,动态确定需要开启线程的数目。多线程开启之后,新线程首先和 DODCEServer 组件的任务接收模块进行交互,向该远程节点发送输入文件。然后线程启动分析计算模块,在远程节点启动有限元分析程序,有限元分析程序读入上一步接收到的输入文件开始执行计算,计算完成生成输出文件,并将其保存在本节点的物理存储器中。这样做的好处是如果输出文件在网络传输过程中发生错误或丢失,也不需要再进行重复计算,直接重新发送即可。最后,线程得到计算完成的消息,启动结果发送模块,将输出文件传回控制器。

通过启动多线程,各节点的文件传输、分析计算等都互相独立,从而实现了真正意义上的分布式计算。

## 3 算例实现

本文以前掠机翼的结构优化设计为例,来检验系统的可行性。

### 3.1 算例描述

本算例是超临界翼型 SC(2)-0606 设计,机翼结构的传力布局形式如图 4 所示。该结构几个主要的设计参数如下:翼展为 8.29M;展弦比为 3.9;翼根弦长为 2.96M;翼尖弦长为 1.19M;机翼面积为 17.54 M<sup>2</sup>;机翼在 1/4 弦长处的前掠角是 30°;

在该机翼结构中,对于翼面、梁、肋等平板单元采用复合材料层合板形式的结构,其材料选用 T300/(QY8911)单向

预浸料;对于模拟翼根和机身连接接头的杆单元,其材料选用 Ti-10V-2Fe-3Al 钛合金材料。

总体设计要求如下:

(1)结构静强度设计要求:在设计载荷下,许用应变值为:压缩设计许用应变 4 000  $\mu\epsilon$ ;拉伸设计许用应变 5 500  $\mu\epsilon$ ;纵横剪切设计许用剪应变 7 600 ( $10^{-6} rad$ )。

(2)结构刚度设计要求:机翼末端的变形控制在 0.2m 以内。

(3)结构稳定性设计要求:在设计载荷下不允许结构总体失稳发生。

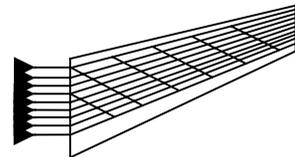


图4 机翼机构的传力布局形式

## 3.2 系统计算过程分析

整个系统运行在由 5 台 PC 机组成的机群上,机群中各节点的 CPU 频率为 1.6GHz,内存为 512MB,节点间通过 100Mbps 交换机连接,操作系统为 Windows 2000。

结合实际情况,选用了网络上的 4 台计算机参与本次计算,然后把计算结果和计算效率与单机计算时进行比较,试验结果如表 1 所示。

表1 试验结果

	优化设计结果(结构重量)	计算时间
单机	279.41kg	2h19m31s
4 节点	280.47kg	49m24s

4 节点参与分布计算的优化结果为 280.47kg,以单机优化结果 279.41kg 为基准的误差仅为 0.379%,该误差在实际工程中是完全可以接受的,从而说明该系统是可用和有效的。另外,从消耗的时间上看,单节点计算需要 2h19m31s,4 节点参与计算所需时间为 49min24s,其加速比为 2.82,由此可见本系统能显著提高计算效率,是高效的。

考虑到网络传输因素,在系统计算周期中,当网络传输时间占主导地位时,分布计算成为一种累赘,计算周期反而增长;而当有限元分析时间占主导地位时,该系统能显著提高计算效率。因此,为了提高计算效率,应充分考虑网络传输因素,权衡网络传输时间和分析计算时间,来决定是否有必要采用本系统进行分布式计算。

## 4 结束语

本文探讨了分布式优化计算的优点以及实现了一个基于 COM/DCOM 的分布式优化计算系统,并通过计算实例验证了该系统能够取得预期效果。随着互联网越来越高的性能,分布式已成为研究的热点问题。而作为三大主流分布式对象技术之一的 DCOM 技术,以其语言无关性、位置无关性、可重用性和良好的供应商支持必将在分布式领域发挥越来越大的作用。希望本文的研究能够起到给研究分布式优化计算的同仁抛砖引玉的作用。

### 参考文献

- 楼伟进,应 颢. COM/DCOM/COM+组件技术[J]. 计算机应用, 2000, 20(4): 31-33.
- 郭银章,徐玉斌,曾建潮. 分布式对象及其主流技术比较[J]. 太原重型机械学院学报, 2004, 25(2): 142-148.
- 兰景英,刘 均. COM/DCOM 技术及应用[J]. 玉溪师范学院学报, 2004, 20(8): 51-53.