

# 网格计算:21世纪科学的一种新的信息基础设施

童国梁 孙功星

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

当计算机网络变得越来越便宜和强有力时,一种新的计算模式正在应运而生,这必将改变人们进行科学和工程实践的传统方式!

## 一、网格计算(Grid)及其产生背景

Grid 技术原本出现于 1910 年的电网概念。Grid 的词意原为输送电力的电网系统。但在本文中介绍的 Grid,输送的不是电力,而是提供计算能力、数据存储能力以及其他的各种服务;传送的手段也不再是电网系统,而是计算机网络。今天,我们在用电的时候,无须考虑它用什么方式,也不问它是在哪儿产生的。这里介绍的 Grid 技术也有类似的特点,当你共享计算能力、存储空间以及其他许多便利的时候,不必过问这些服务是怎么产生的,也不必过问源于何处。Grid 可以这样来定义:协调地理范围广泛的资源,并对此进行有效的管理,使其形成一个单一的资源映像。用户可以方便地使用统一的编程接口(API)调用这些网格资源。

随着研究的问题越来越复杂以及技术的日益强大有力,今天的科学研究已经强烈地依赖于计算机

的应用,包括计算和数据分析等,以及科学家之间的密切合作。

高能物理研究产生了 WWW,推动了信息革命

目前,互连网上使用得最多、发展得最快的是环球网 WWW(即 World Wide Web 的英文缩写),但是,您知道 WWW 是谁发明的吗?知道这件事的人恐怕不太多。说来也很有意思,WWW 并不是从事 IT 的研究所或公司发明的,而是搞高能物理研究的欧洲核子中心(CERN)发明的。1990 年下半年,一位 CERN 的计算机科学家遯姆·贝尔斯-李(Tim Berners-Lee)发明了 WWW,这是现在的叫法,“Web”是它的一种爱称。高能物理是一个典型的大科学工程学科,合作的单位是全球范围的,科学家之间需要频繁的信息交流,所以,Web 技术在 CERN 诞生并不奇怪。现在 Web 已有几百万个学术研究和商业用户。历史告诉人们,基础研究使世界发生了深刻的变化。高能物理研究给世界带来了 WWW,推动了信息革命。在中国也是这样,早在 WWW 诞生之前的 1986 年,中国科学院高能物理研究所就建立了因特网的

世界在本质上是非线性的,线性仅仅是近似而已,非线性离我们是很近的。美国 A. H. 奈弗和 D. T. 穆克所著的《非线性振动》一书中提到,有人曾注意到飞机的某些零件能够被发动机猛烈地激发,而实际上发动机却是以远大于它们的固有频率的转速转动着。还有人描述了一架商用飞机,其螺旋桨诱发了机翼的次共振,机翼又转而诱发了方向舵的次共振,这些振动十分剧烈足以引起悲剧性的后果。因此厂房设计、机器的安装等问题,应充分考虑非线性共振的特点。

非线性共振不但在宏观世界存在,在微观世界也存在。我们曾研究了激光与 DNA 相互作用的非线性共振问题,激光作为外力驱动,DNA 产生非线性受迫振动。当激光频率仅为 DNA 吸收频率 1/3 左右时,即激光波长为 DNA 吸收波长 3 倍左右时,

发生了超谐波共振。超谐波共振使 DNA 构象改变,从而导致 DNA 光谱的吸收峰值发生变化,产生了增色效应。而用 DNA 吸收波长的紫外光来辐照,使 DNA 吸收峰产生减色效应。说明激光与 DNA 非线性作用的次共振,对 DNA 构象影响的机理和结果,与紫外是不一样的。这些结果对激光生物学、激光医学和激光生物防护的研究,提供了参考。

非线性共振是存在的,也是重要的,有时可能起很大的作用。但是由于这类共振尚未得到广泛的认识,因此也就没有引起大家注意。传统的物理学教学是以线性问题为基础的,回避非线性问题。随着科学技术的发展,非线性问题显得越来越重要。作为自然科学基础的物理学,在教学中应该反映非线性问题,包括这类非线性共振内容。

连接,参加 LEP 的 L3 和 ALPH 国际合作的高能所的科学家就用上了电子邮件,并经常与 CERN 的合作组交换数据。到 1988 年,高能所就已开通了与 CERN 的全面的因特网连接。

### 高能物理研究正在推动网格计算的发展

正在 CERN 建造的大型强子对撞机(LHC)上的实验对互连网提出了更高的要求。随着加速器能量的不断提高,高能物理研究涉及的数据量越来越大,ATLAS(或 CMS)实验的平均每个事例的大小接近兆字节,约是 LEP 实验的 10 倍;1 级触发的事例率为  $10^5$  Hz,更比 LEP 上的实验高出成千倍。此外,在软件规模、参加合作研究的单位(和人数),以及参加单位的地域分布上,LHC 实验也都比 LEP 上的实验大得多和广泛得多。这种形势促使 CERN 改变其一贯的做法:即当探测器建成后,各实验大组的参与单位派人(或研究小组)常驻在 CERN 参加物理分析工作,例如 LEP 实验的数据分析工作就主要是集中在 CERN 进行的。CERN 基本上承担了所有的计算设备和相应的数据分析环境的建设和维护任务。现在情况不同了,质子对撞机每年要收集  $7 \times 10^{15}$  字节的数据。除了数据量大大增加而外,困难还在于,将这些数据变成可用的格式需要的计算能力要高于 CERN 当前处理能力 1000 倍。LHC 实验的离线分析包括蒙特卡洛模拟以及对如此巨大的数据进行物理分析,工作量之大难以想像。针对这样的情况,CERN 推出了 LHC 计算网格(简称 LCG)计划。该计划的中心任务是运用网格技术,将实验的主要参加国的计算资源及计算机管理的人力资源整合在一起,集中调度,以对付即将面临的这一空前困难的任务。CERN 的 LCG 任务分为两个阶段:2003 年至 2005 年为第一个阶段,在这一阶段,最终将以计算系统技术设计报告的形式提供当 LHC 加速器运行时所需要的计算服务的设计蓝图。蓝图包括计算和性能需要、技术方针、成本类型以及建造计划。到了第二个阶段,即 2006 年至 2008 年,正式拟订计划,检查初期的 LHC 计算系统。

除了高能物理研究以外,下列领域的研究也离不开超级计算,对网格计算与高能物理研究有着类似的兴趣与期盼:分子生物学中的巨型分子复杂结构的研究,化学物品的合成、新药的研制与筛选,复杂系统的求解,核武器爆炸的模拟等。

### 计算技术发展

2001 年的一台个人电脑的速度已快如 1990 年

的一台超级计算机。10 年前,如果生物学家能够计算一个单分子的结构就已经高兴极了。但时至今日,他们已经能够计算出许多巨型分子复杂组合而成的结构,例如霍乱毒素分子的结构,以及可以筛选数以千计的药物候选者。现在个人计算机可以配置高达 100GB 的存储容量,这与 1990 年一个超级计算机中心的总存储容量相当。正如前面提到的,到 2007 年,CERN 的 LHC 每年要产生若干 peta ( $10^{15}$ ) 字节的数据量。现在的一些广域网传输速度每秒是 155 兆位(Mb/s),这比 1985 年连接美国超级计算中心的最快速度 56kb/s 高 3 个量级。但是,为了与世界各地的合作者一起处理这 peta 字节的数据,科学家们要求的网络带宽达到几十吉比特(Gb/s)。

许多人所称道的网格计算技术是一个潜在的方法,能够克服这些障碍以继续取得工作进展。建立在互连网和万维网之上的网格计算是新一类的基础设施,能为发现远程资源,并通过协商的方式确定如何对其进行访问,提供可扩展的、安全而高效的机制,所以,网格计算有望在空前规模上共享资源进行科学合作,以及让不同地域的人员一起工作成为可能,这在以前是不可能办到的。

共享分布式资源的概念并不是什么新东西。早在 1965 年,麻省理工学院(MIT)的 Fernando 和 Multics 操作系统的其他设计者们就设想了一种计算机设备如同电力公司和自来水公司那样运行。利克利德和泰勒当时也预见类似于网格计算的模式。60 年代后期,虽然大多数的工作都集中在开发分布式的操作系统上,但取得的成功却是多方面的。

当前的技术趋向和研究进展的结合,使人们能够真正认识到网格计算技术的光明前景,它能够与相应的工具一起,成为迎接 21 世纪科学挑战性的需求的新的国际科学信息基础设施。事实也是这样,主流的科学团体已经接受了这样的概念,即网格计算对他们的未来是很重要的。众多政府资助的研发项目正在开发各种各样的核心技术,部署网格计算环境,以及将网格计算技术应用到富有挑战性的领域等。至今,除了前面提到的 CERN 的 LCG 外,世界上的主要网格计算项目还有:美国能源部和美国科学基金会支持的 ACCESS Grid, IBM 公司支持的 BlueGrid,美国能源部、美国科学基金会和美国宇航及太空总署支持的 Gobus,英国支持的 GriPP,美国宇航及太空总署支持的 Information Power Grid,美国科学基金会支持的 International Virtual Data Grid Lab。

## 二、网格计算技术趋势与发展思路

技术变化速度通常是用平均周期作为衡量标准。平均周期是这样定义的:在此期间速度或容量翻番,或接近翻番,而价格减半。研究表明,存储、网络和计算能力的平均周期是不同的,它们分别是12个月、9个月和18个月。与之相关的3个时间常数包含着重要的内涵:

每年的数据存储容量翻番是用单位面积上的比特数来度量的,它已把一个 tera ( $10^{12}$ )字节的磁盘组的价格降到了1万美元以下。正是抱有对这种下降的趋势继续看好的愿望,主要物理实验的设计者们正在考虑 peta 字节的数据存档,而产生多序列的高分辨率模拟的科学家们也同样在计划着 peta 字节的存档了。

如此大的数据容量对我们的分析能力提出了新的挑战。微处理器能力的显著提高意味着,低档的桌面电脑和笔记本电脑正成为强大的计算工具。然而,计算能力正在落后于存储。由于计算能力每18个月左右才能翻番,要使它增加1个数量级,则需要花费5年左右的时间。这种情况下,组合同一地方的计算资源来分析大规模的数据则变得不切实可行。

因此,我们就只能寄希望于网络技术的巨大变化来解决这些问题了。在光电器件的半导体掺杂技术创新及因特网经济要求的双重推动下,广域网的带宽几乎是每9个月就翻一番,也就是每5年能增加2个数量级。连接美国科学基金会各个超级计算中心的 NFS 网络就是这种趋势的例证:在1985年,NSF网的主干网速度是56Kb/s,这在当时尚属空前;但时至今日,连接这些计算中心的 TeraGrid 网的带宽已到达48Gb/s,17年上升了6个数量级。

网络速度相对于计算机速度每18个月翻番的事实改变了我们思考问题以及开展合作的方式。假如网络像预期的那样以这个速度超过计算机,通讯基本上就变成免费的(至少相对计算机而言是这样的)。为了充分地利用这个带宽所给予的便利,我们必须设想出一种新的通讯密集型的工作方式,如汇集计算资源,从数据库和仪器来的大量数据通过网络直接传送到远程的计算机,以及在传感器之间建立连接后再与计算机和存档相连,也可以将合作环境中的人员、计算和存储连接起来,以避免昂贵的旅行。

如果通讯是不受限制的而且是(相对)免费的,

那么我们就可以摆脱仅使用本地资源求解问题的限制了。当运行同事的模拟程序时,我们不必在本地计算机上安装代码,相反可以在同事的计算机上运行之。当代码是用来处理保存在异地的数据时,不必自己来拷贝这些数据(而在不久之前,还需要获得记录这些数据的磁带),现在远程程序则可以直接访问这些数据了。假如我们希望对不同的数据用同样的方法分析几百次,则可以动用整个合作组的计算能力,或者从供应商手中购买计算能力。而当获得有趣的结果的时候,我们的异地合作者们就可以用新型的合作方式,借助可视化工具查看并讨论大量的输出数据。

虽然这些众多的设想的复杂程度相差甚远,但它们具有共同的思路。在每一种情况下,我们都使用远程资源来做我们在家中不易做的事情。显然,高速网络对远程使用资源是一个必要条件,但光凭这一点还远远不够。因为常常遇到的情况是:远地资源通常属于他人所有,属于不同的行政区域,使用不同的软件,并且服从不同的安全和访问控制策略。

实际上,远程资源的使用涉及以下几步:首先要发现资源的存在;其次,我们必须协商访问的途径(说实话,这一步不能使用电话来实现!);然后,我们必须配置好硬件和软件,这样就可以有效地使用这个资源。当然,必须记住,我们所做的一切都不能危及本地或所使用的远程资源的安全,且使用的一些远程资源也并非免费。

对那些关键的任务,实现这些步骤需要统一的机制。这些任务包括建立和管理远程计算机上的服务、支持分布式资源的单一登录、高速传送巨量的数据、建立大的分布式虚拟组织,以及维护关于虚拟组织资源的存在、状态和使用策略的信息等。

今天的互连网和 Web 技术满足了基本的通讯需求,但是还不能解决上述的问题。因此,提供基础设施和工具,以实现安全便捷的大规模资源的共享,便是网格计算存在的目的和理由。

## 三、网格计算的基础设施、工具及其主要的应用

通常,基础设施是指大家公认的执行某些活动的一种技术。例如,道路系统能够使我们驾车行驶;国际银行系统可以让我们跨越国界地实现转帐业务;因特网则可以让我们使用任何电子设备进行通信。

从使用的观点说,每一种基础设施必须大范围地部署,反过来,这也意味着,它必须要么是简单的,

要么是极有价值的,或者两者兼有之。一个很能说明问题的例子是,为了能够访问因特网,必须在一个设备中实现这组协议。这组协议很小,结果人们可以构造火柴盒般大小的 Web 服务器。网格计算基础设施需要提供比因特网更多的功能,但是它必须保持简单的特点。当然,网格计算必须保持对资源的支持,使之功能更强大,例如,实现高速的数据传送、大数据的缓存及对计算的及时访问等。

工具使用基础设施的服务。因特网和 Web 工具包括访问远程站点的浏览器、处理电子消息的电子邮件程序以及 Web 页面定位的搜索引擎。网格计算工具则涉及资源发现、数据管理、计算资源调度、安全等。

但是,网格计算的功能超出了共享、分配数据和计算资源的范围。它提供了一种新的和有力的工作方式。这方面的例子如下:

### 科学入口

这里的入口是指作为网关服务于因特网的一种 Web 站点,入口是链路、内容和为用户找到感兴趣信息(如新闻、天气、娱乐、商业站点、聊天室等)的指南服务的集合。

科学入口提供了一个使高级问题求解方法易于使用的途径,即通过 Web 浏览器或容易下载的“瘦客户机”远程地调用复杂的软件包。这些软件包本身可以在一个网格内的适合的计算机上远程地运行。在生物学、聚变、计算化学以及其他学科领域,这种入口现在正处于开发之中。

### 分布式计算

高速工作站和网络可以把一个机构的 PC 机连接到一起,形成一个计算能力强大的计算资源。Entropy 公司的 Flight-AIDSAthome 系统就是利用 3 万多台计算机来分析爱滋病药物的候选者。在 2001 年,美国和意大利的数学家集中了他们的计算资源解决了一个最优化问题求解的特例,称为“Nug30”。在一周的时间内,该合作组平均使用了 630 台计算机,最多时用了 1006 台计算机专门处理 Nug30 问题,总共使用的 CPU 时间达到 42000 天。网络性能和网格计算技术的改善将拓宽汇集的计算资源可以解决问题的范围。

### 大规模的数据分析

许多令人感兴趣的问题需要做大量的数据分析。对于那些问题,利用分布式计算和存贮资源具有重大的价值。此外,在许多数据分析的过程中,固

有的自然并行性使得有效地使用分布式的资源成为可能。例如,在 LHC 和未来的高能物理实验中,产生的许多 peta 字节数据的分析需要调集几万台处理机和几百 tera 字节的磁盘空间来保存中间结果。由于各种技术和政治原因,将这些资源装配在一个地方已变得不切实际。但是,如果把参加这些实验的研究所和国家的资源汇集起来则可以提供所需要的资源,而且,共享的不只是计算机和存储,也可以是分析程序和计算的结果。

### 即刻计算模式

诸如望远镜、同步加速器和电子显微镜等科学仪器产生的原始数据常常先被存档,然后才对其进行批处理。但是,准实时的分析可以大大地提高仪器的能力。例如,设想一位天文学家用射电望远镜阵列研究太阳耀斑,用来处理数据和探测耀斑的去卷积和分析算法在计算上具有及时性和计算强度大的特点,连续地运行这种算法对短暂的和偶发性的耀斑是低效率的。但是,如果这位天文学家以按需的方式使用丰富的计算资源(及复杂的软件),他就可以用自动化的探测技术实现在太阳耀斑出现时放大耀斑。

### 合作工作

研究者常常不仅要汇集数据和计算能力,而且还希望汇集人们的专业特长。合作问题的模式,数据分析以及相类似的事情也是网格计算的重要应用。例如,一位已经做了多个 tera 字节数据量模拟的天体物理学家,可能希望世界各地的合作者以同样的方式同时显示结果,以便合作组实时地分析这些结果。

真正的网格计算应用常常同时包含几个方面。例如,射电天文学家可能想在一个国际的存档中寻找类似的事件,在一段时间内又希望与同事们讨论结果,同时调用分布式计算能力来比较不同的算法。

## 四、网格计算体系结构及其身份认证、授权和策略

### 网格计算体系结构

网格计算技术的集中研发和实验已经接近 10 年,在此期间,对网格计算技术的需求和体系结构产生了相当多的共识。标准的协议定义了用于远程操作请求的消息交换的内容和交换的顺序,它们已经形成了网格计算技术所依赖的一种重要的和基本的互通性工具。标准的应用编程接口(APIs)也同样很重要。它定义了对代码库的标准接口,通过运用网格计算代码所具有的可重用性,使网格计算组件的

构造更为容易。

图 1 是一个示意图,图中的协议和 APIs 能够根据它们在网格计算系统中的作用进行分类。在最低层是所谓的构造层,它包含网格计算用户想要共享和访问的物理设备或资源,如计算机、存储系统、目录、网络及各种形式的传感器。



图 1 网格计算体系结构可以被想像为一系列不同宽度的层。在中心是资源和连接层,它包含了相对少量必须在任何地方执行的关键协议和应用程序接口。原则上,周围层可以包含任意多的组件

在构造层的上面是连接层和资源层,这些层中的协议在每个地方都必须实现,因此数目上必须相对较小。连接层包含了网格计算特有的网络操作所必须的核心通讯和身份验证协议。通讯协议能在资源之间交换数据,而建立在通讯服务基础上的身份验证协议为查明用户和资源身份提供了加密的安全机制。

资源层包含了利用通讯协议和身份验证协议而得以对资源共享操作进行安全的启动、监视和控制的协议。若想在不同的计算机上运行相同的程序就依赖于资源层的协议。Globus 工具包就常常被用来作为连接层协议、资源层协议和相应的 APIs。

汇聚层包含了执行资源集合之间交互作用的协议、服务和 APIs。由于它们组合使用来自相对较窄资源层和连接层组件,汇聚层的组件可以实现不同的任务,而用不着添加什么新的资源层组件。汇聚层服务的例子包括资源发现和分配的目录和代理服务、监视和诊断服务、数据复制服务,以及用于跟踪机构中谁被允许访问资源的成员资格和策略服务。

任何一个网格计算系统的最顶层都是用户的应用,应用由其他各层的组件构成,并调用之。例如,一个高能物理分析应用需要执行几千个独立的任务,每一个任务将某一组包含有事例的文件作为输入,其分析过程如下:

获得必要的身份验证证书(连接层协议);

查询一个信息系统和复制记录,由此决定计算

机、存储系统和网络的可用性以及所需要输入文件的位置(汇聚层服务);

提交请求给适合的计算机、存储系统和网络,开始计算、传输数据等(资源层协议);

监视各种计算和数据传输的进展情况,当所有的工作都完成时通知用户,侦查并响应错误的条件(资源层协议)。

这些功能中的许多都可以通过工具来执行,使这样复杂的任务自动完成。

### 身份验证、授权和策略

身份验证、授权和策略是网格计算中最具挑战性的问题之一。传统的安全技术最关心的是客户和服务器之间的安全通讯。在那种相互作用中,一位客户和一个服务器需要互相验证(也就是确认)彼此的身份,同时服务器还需要决定是否授权与客户签发的请求。已有许多成熟的技术被开发出来执行这些基本的操作以及防止和侦查各种形式的攻击。无论何时访问像亚马逊(电子商务站点)这样的 Web 站点,我们都是使用这种技术。

在网格计算环境中,情况更复杂。在客户和服务器之间的界限趋于消失,因为一个个体在某一时刻可以表现为服务器(当它接受一个请求时),而在另一个时刻则可以表现为客户机(当它向其他资源发送一个请求时)。例如,当一个用户请求在同事的计算机上运行一个模拟程序时,该用户就是客户,而同事的计算机则是一台服务器。但是,几个时辰后,同样的代码和计算机表现却得像一个客户,因为它们代表该用户向其他计算机发送请求,要求访问输入数据和运行附加的计算。管理这类事务需要添加一些令人感兴趣的新的需求。例如:

单一登录。单个的计算可能需要访问多个资源,但是需要用户在每个场合下都要重新进行身份验证(如输入口令)是不实际的,在一般情况下也是无法接受的。一个替代的办法是,一个用户仅进行一次身份验证,而后在一定的时期内这种权利将被赋予计算程序,由计算程序代表用户执行身份验证。这种能力是通过产生一个代理证书的方式而达到的。在图 2 中,用户(用户代理)使用代理的证书在两个站点之间进行身份验证。这些服务处理请求并产生新的进程。

到本地安全机制的映射。映射指对象结构的任何一种表示方法。例如,内存映射描述了在内存区域中的对象分布情况,符号映射表列出了符号名称

和程序内存地址之间的关系。不同的站点可以用不同的本地安全解决方案,例如在图 2 中的 Kerberos 和 Unix。一个网络计算的安全基础设施需要映射到每一个站点的本地安全解决方案,使得本地操作可以在适当的权限下进行。在图 2 中,在站点 A 的本地 ID 下执行的进程被赋予了一张 Kerberos“票”,这就是 Kerberos 身份验证系统用来跟踪请求的证书。

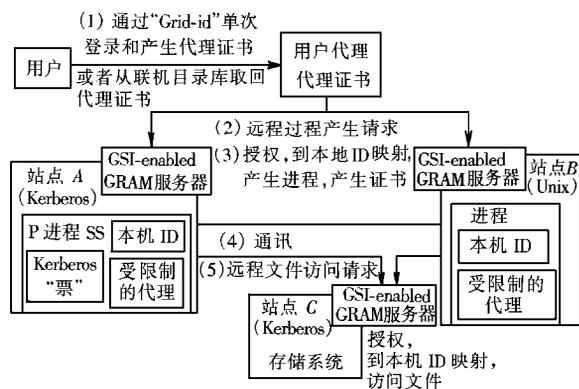


图 2 成功和高效的认证和批准请求对于网络计算操作是基本的。这里,一位用户请求站点 A 和站点 B 的计算资源,A 和 B 分别与站点 C 彼此通讯,访问站点 C 的文件。每一步需要授权和认证,从单次登录(或取得代理证书)开始启动了远程文件访问的任务。这些请求的认证需要网络计算安全基础结构(GSI),GSI 提供一个单次登录,各地运行的认证服务,支持对子计算证书的委托,授权的本地控制,从全局对本机用户身份映射。同时还需要的网络计算资源访问和管理(GRAM)协议和服务,G RAM 提供远程资源的分配和进程产生、监视以及管理服务

委托。代理证书的产生是一种形式的委托,是网络计算环境中具有根本性意义的操作。一种占用多个资源的计算可能会产生子计算(附属计算),子计算本身又有可能向其他资源发出请求,并引发出另外的子计算,如此等等。在图 2 中,在站点 A 和站点 B 两个子计算不仅互相通信,而且都访问站点 C 的文件。因为在每一步,资源都需要确定是否同意接受并执行请求,计算都需要确定资源是否值得信赖,所以身份验证操作并进而到证书的委托在每个阶段都需要涉及。受委托的证书委托的次数越多,经历的风险就越大,遭到对手滥用的机会也就越大。为此,必须小心地管理能够导致风险的这些委托操作和证书,以确保安全。

团体授权和策略。在一个大的团体内,不能把控制谁使用那些资源做什么建立在个体身份的基础之上。而对每个资源施行团体成员资格和权限记录也是不可行的。代替的办法是,资源(和用户)需要使用其他的标准来制定访问策略,如由一个值得信

赖的第三方签发的加密证书所标识的组成员资格。在图 2 所描述的例子中,站点 C 的文件服务器必须明确地知道是否允许用户访问一个特定的文件。一个团体授权系统允许执行这种策略的确定,具体的做法是,将请求委托给团体的代表,由团体的代表作出裁定。

## 五、网络计算的现状和未来方向

当网络计算成熟时,涌现出了基本网络计算操作的标准技术。特别是基于团体的、开放源码的 Gobus 工具包正在被大多数主要的网络计算项目所采用。Gobus 工具包是一个基于团体的、体系结构开放的、开放源码的和支撑网络计算应用的一组服务和软件库。工具包包括了安全基础设施、信息服务、数据管理、通讯和故障检查等,还具有可移植性。它被包装成一系列组件,这些组件可以独立采用,也可以合起来支持应用的开发。

对每个组件,工具包同时定义了协议和应用编程接口,并且提供了 C 和 JAVA 作为应用编程语言。巨大而多样的高级服务、工具和应用都由这些基本组件组成。这里面的某些服务和工具作为工具包的一部分发布,而其他一些则可以通过其他途径得到。美国国家科学基金会资助的 GRIDS 中心维护着这些组件的代码库。Gobus 项目和 Gobus 工具包已经是芝加哥大学和南加州大学的商标。

商业界也开始研究网络计算的应用。2001 年后,已有 12 家公司宣布支持 Gobus 工具包。

组织方面已经取得了进展。Global Grid 论坛(<http://www.gridforum.org>)的邮件列表中已经包含了 1000 多人,这对指定标准和团体开发是一支重要的力量。该论坛每年 3 次的例会吸引了来自约 200 个机构的几百人参加。国际虚拟数据网络计算实验室(iVDL)作为一个国际的网络计算系统正在被建立起来(见图 3)。

常常会遇到这样的事,人们会高估变化的短期影响,而低估长期效应。可以肯定地说,需要花比预期更长的时间使网络计算概念和技术改变人们进行科学、工程和商业的传统方式。但是在这篇文章中记录下的指数规律的技术趋势和研发进步的结合是真实的,并最终会产生巨大的影响。

虽然在将来的一天,计算、存储和软件将不再是我们拥有的对象,但是这些都变成能够花钱买得到的公共事业服务。最成功的科学团体可能是那些能够成功地组合和有效地利用合适的网络计算基础设施

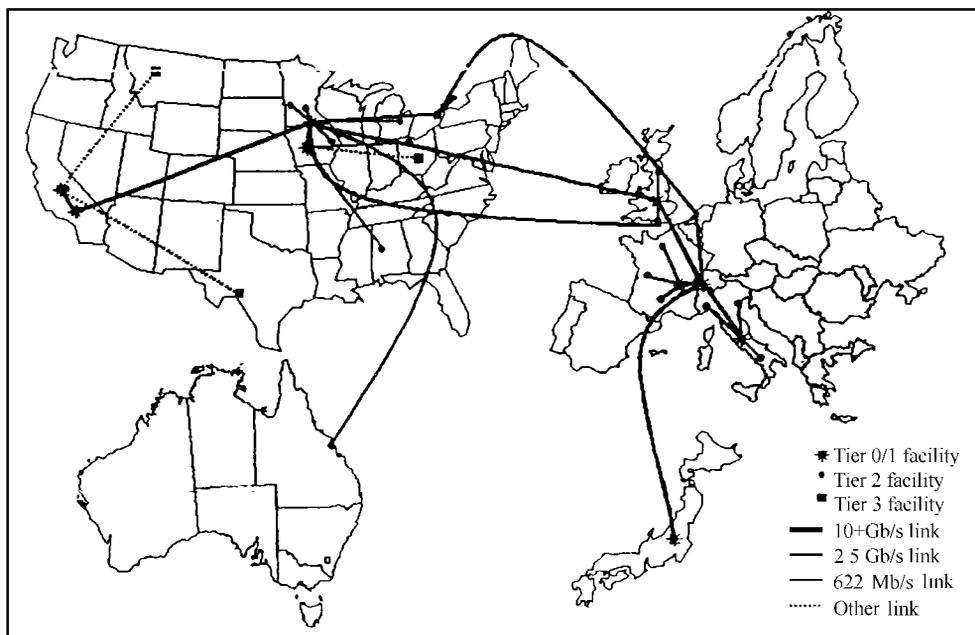


图3 国际虚拟数据网格计算实验室(iVDCL)正在建立来支持网格计算研究和以及用于提供计算能力。这图是大致的站点和首次计划的网络分布。(当iVDCL将来正式运行时,实际地址可能变化。)主要的国际项目,包括EU Data Grid, Grid Physics Network,和粒子物理Data Grid,正在为建立iVDCL方面进行合作

施,并因此在他们的学科内加速开发和采用新的问题求解方法的团体。

(部分内容编译自 Ian Foster, February 2002, Physics Today)

### 科苑快讯

**纳米技术新秀:单原子晶体管**  
美国康奈尔大学的一个科学家小组研制成由一个钴原子构成的晶体管,钴原子包裹有一层复杂有机化合物,直径仅为10纳米的黄金导线被放置在硅片上,并用这种有机化合物覆盖住。然后在导线上钻一个直径约为1纳米的小孔,制成电源电极和电流电极,再将带有钴原子的有机化合物放置在小孔上,用二氧化硅作绝缘体。哈佛大学另一组科学家也用类似方法研制成单原子晶体管,他们是在黄金电极上放置钷分子,而用氧化铝作绝缘体。

单原子或单分子晶体管研究表明,只有在加上一定电压时电流才会通过这类晶体管。此外,将它们放置在磁场中时,通过电流中的电子数量会增加。可以利用改变有机化合物成分的方法准确调整单原子晶体管的电子性能。目前,科学家仍在继续研究用其他原子或分子制成的晶体管的性能。

(周道其编译自俄《计算机在线》2002/7/2)

### 作者简介

**童国梁** 1942年生于上海,1966年毕业于北京大学



技术物理系毕业后一直在中国科学院高能物理研究所从事粒子物理研究,除了国内的BES实验工作外,还参加过DESY的Mark J, CERN的L3、ATLAS以及KLOE国际合作实验,多年来,在多种学术刊物上发表论文100多篇。现为中国科学院高能物理研究所学术委员会委员、研究员、博士生导师,并任《现代物理知识》副主编。



**孙功星** 1963年生,1992年毕业于安徽大学获硕士学位,此后在安徽大学物理系任教,1998年于中国科学院高能物理研究所计算中心获博士学位,从事人工神经网络及计算机技术的研究和应用,包括集群、网格计算以及海量存储等。现为该所

计算中心副研究员,负责网格技术及其在高能物理科学中的应用项目。