

本书获厦门理工学院学术专著出版基金资助

田翠华 ◎ 著

基于GT4的 物联网交通信息服务 仿真研究



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

本书获厦门理工学院学术专著出版基金资助

基于GT4的 物联网交通信息服务 仿真研究

田翠华 ○ 著



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

基于 GT4 的物联网交通信息服务仿真研究/田翠华著. —厦门: 厦门大学出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-5615-6293-2

I. ①基… II. ①田… III. ①互联网络—应用—交通信息系统—研究②智能技术—应用—交通信息系统—研究 IV. ①U495

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 004559 号

出版人 蒋东明

责任编辑 陈进才

封面设计 蒋卓群

技术编辑 许克华

出版发行 厦门大学出版社

社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总 编 办 0592-2182177 0592-2181406(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 xmup@xmupress.com

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 23

插页 2

字数 500 千字

版次 2017 年 1 月第 1 版

印次 2017 年 1 月第 1 次印刷

定价 78.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码



本书由以下项目资助出版：

国家自然科学基金面上项目“海量移动对象情境查询与分析预测关键问题研究”(61672442)

国家自然科学基金面上项目“面向大数据降维的粒计算理论与鱼群优化方法研究”(61573297)

福建省科技计划项目(引导性项目)“融合多源异构大数据的交通突发事件预警关键技术研发及应用”(2016Y0079)

福建省自然科学基金面上项目“车载传感网动态协同感知关键技术研究”(2015J01276)

内容提要

针对城市和公路交通管理决策支持中存在的问题,在物联网网络环境下建设的交通信息服务平台(traffic information service platform, TISP)可以提供一种有效的解决方法。TISP 的目的是将分布于不同地域的各种异构交通资源通过高速互联网络连接起来进行统一管理,实现资源的全面共享与协同,建立对交通参与者透明的高性能交通服务平台,从而消除交通信息孤岛,改善交通环境,提高城市的交通容量,以满足多层次、全方位的交通需求。

车道交通流量模拟是交通管理决策支持的一个重要内容。在充分分析相关需求并借鉴大量相关材料的基础上,本专著主要研究了 TISP 的体系结构、总体设计、关键技术以及在 IoT 环境下利用开发工具 GT4 等建立一个多智能体系统,并进行单车道交通流模拟实验验证研究。结果表明, TISP 有效可行,并且可以实现交通流模拟以进行科学研究。

前 言

物联网是指通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物体与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。当前,物联网已成为世界新一轮经济和科技发展的战略制高点之一,发展物联网对于促进经济发展和社会进步具有重要的现实意义。

网格计算是分布式计算(distributed computing)的一种,是伴随着互联网而迅速发展起来的,专门针对复杂科学计算的新型计算模式。这种计算模式是利用互联网把分散在不同地理位置的电脑组织成一个“虚拟的超级计算机”,其中每一台参与计算的计算机都是一个“节点”,而整个计算是由成千上万个“节点”组成的“一张网格”。网格计算的优势有两个:一是数据处理能力超强;二是能充分利用网上的闲置处理能力。随着网格技术的不断发展与成熟,其已在许多不同的领域得到广泛应用。

在当前物联网(the internet of things, IoT)快速发展以及现代交通迅速发展的大环境下,将网格技术应用于交通管理决策支持意义重大。针对城市和公路交通管理决策支持中存在的问题,在物联网网络环境下建设的交通信息服务平台(TISP)可以提供一种有效的解决方法。TISP的目的是将分布于不同地域的各种异构交通资源通过高速互联网络连接起来进行统一管理,实现资源的全面共享与协同,建立对交通参与者透明的高性能交通服务平台,消除交通信息孤岛,改善交通环境,提高城市的交通容量,以满足多层次、全方位的交通需求。

在充分地分析相关需求并借鉴大量相关材料的基础上,本专著主要研究 TISP 的体系结构、总体设计、关键技术以及基于 GT4 的交通流模拟实验问题。

TISP 的体系结构建立在开放网格服务架构(open grid services architecture, OGSA)的基础之上,采用层次结构,并遵循 OGSA 的最新核心规范 Web 服务资源构架(Web service resource framework, WSRF),使得 TISP 的体系结构一开始就定位于开放的、国际化的基础之上。

本书在 Red Hat Enterprise Linux 7 操作系统与 Globus Toolkit 4.0 网格平台基础上,讨论了借助 PostgreSQL、PBS、MPICH-G2、Java CoG Kits 等开发工具实现 TISP 的方案,给出了 TISP 的分层结构和系统设计。并在 TISP 的关键技术部分,研究了异构数据库的整合、信息集成、服务的组合与封装以及可扩展的门户网站。

车道交通流量模拟是交通管理决策支持的一个重要内容。本书在 TISP 环境下,对单车道交通流模拟问题进行了研究。交通路网是一个复杂庞大的系统,本书在单车道

交通流的模拟研究中,对道路与环境的处理引入了地理元胞自动机理论,为实现人与交通工具相结合的智能行为,引入了智能体概念,并在 IoT 环境下,建立了一个多智能体系统,以进行单车道交通流模拟实验研究。利用开发工具 GT4 中间件,在 Eclipse 环境下实现了模拟实验系统。结果表明,在 TISP 环境下可以高效地进行交通流模拟实验。

本书对交通信息服务网格建设中的部分问题和交通流模拟进行了研究,通过交通流模拟实验,验证了所提方案的可行性、实用性、高效性。本专著对网格技术在交通管理决策支持中的应用进行了有益的尝试,但还需要继续完善、改进。

编著者

2017 年 1 月

目 录

第1章 绪 论	1
一、选 题	1
(一)物联网	1
(二)网格技术	3
(三)智能交通系统	8
(四)交通信息服务平台	11
二、设计	12
(一)主要研究内容	12
(二)本专著的主要研究成果	13
三、研究方法	13
(一)研究步骤	13
(二)专著的组织结构	14
第2章 物联网技术	15
一、物联网概述	16
(一)什么是物联网	16
(二)物联网关键技术	24
(三)物联网应用	30
(四)物联网发展现状	32
(五)物联网发展趋势及未来挑战	43
二、物联网体系架构	49
(一)体系架构	50
(二)感知层	53
(三)网络层	58
(四)应用层	62
三、物联网关键技术	65
(一)无线传感器网络	65
(二)ZigBee 技术	80
(三)M2M 技术	96
(四)射频识别技术	102

(五)云计算技术	133
(六)物联网安全	153
四、海量数据	169
(一)物联网数据特点	169
(二)海量数据的预处理	169
(三)海量感知数据的挖掘与分析	171
(四)海量数据存储模式	180
(五)海量数据存储格式	198
(六)数据挖掘与智能决策	214
(七)搜索引擎	237
(八)快速检索	240
五、本章小结	249
 第 3 章 基于 GT4 的物联网交通信息服务平台的体系结构	250
一、开放网络服务体系结构(OGSA)	250
(一)基本思想	250
(二)网格服务	250
(三)运行环境	252
(四)基于 OGSA 的虚拟组织	252
二、Web 服务资源框架(WSRF)规范	254
(一)WSRF 产生	254
(二)WSRF 内容	255
(三)WSRF 特点	256
三、交通信息服务平台(TISP)体系结构	257
(一)设备组成	257
(二)体系结构	258
(三)独具特色	259
四、本章小节	260
 第 4 章 TISP 的总体设计	261
一、需求分析	261
二、设计目标	262
三、设计原则	262
四、总体设计	263
(一)网格节点	263
(二)网格中间件	266

(三) 网格应用支持工具	276
(四) 应用层服务	278
五、本章小结	283
第 5 章 TISP 的关键技术研究	284
一、异构数据库整合	284
二、信息集成	285
三、服务组合与封装	287
四、可扩展的网格门户	288
(一) 网格门户	288
(二) 可扩展网格门户的设计	290
五、本章小结	291
第 6 章 基于 TISP 的交通流模拟研究	292
一、交通流	292
二、元胞自动机	294
三、多智能体系统	296
四、交通流模拟的设计	296
(一) 交通路网层次化	298
(二) NaSch 模型及其改进	300
(三) 交通流多智能体系统	304
(四) 知识库的组建与模式匹配及推理过程	306
五、本章小结	310
第 7 章 单车道交通流实验	312
一、开发环境	312
二、开发过程	312
三、基于 Java 的 Agent 开发	314
(一) 通信模块层	315
(二) 社会模块层	321
(三) 用户模块层	324
(四) 多智能体应用层	325
(五) 用户界面	327
(六) 该应用子系统类关系图	328
四、运行结果	329
五、本章小结	330

第 8 章 研究完成 331

 一、专著研究 331

 二、下一步计划 333

参考文献 334

后记..... 359

第1章 绪论

一、选题

(一)物联网

物联网^[1-3]是利用无所不在的网络技术建立起来的,是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮,是一个全新的技术领域。世界各国都将物联网技术上升到国家发展战略地位,物联网得到了充分的重视,因为应用物联网技术可以提高生产和生活效率,进而提升国力,所以,物联网被誉为下一个产值超万亿元的产业。

1. 国内外研究情况

2009年1月28日,奥巴马就任美国总统后在与美国工商业领袖举行的一次圆桌会议上,作为仅有的两名代表之一的美国国际商用机器公司(International Business Machines, IBM)首席执行官,彭明盛首次提出了“智慧的地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施,阐明其短期和长期效益。奥巴马对此给予了积极的回应:“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去,毫无疑问,这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式。”此概念一经提出,即得到世界各国的高度关注,并纷纷出台了各自有关物联网的计划部署,同时积极开展了一系列的技术应用。

2009年6月18日,欧盟委员会宣布了新的行动计划,确保欧洲在建构新型互联网的过程中起主导作用。这种新型的互联网能够把各种物品,如书籍、汽车、家用电器甚至食品连接到网络中,简称为“物联网”。欧盟认为,此项行动计划将会帮助欧洲在互联网的变革中获益,同时它也提出了将会面临的挑战,如隐私问题、安全问题以及个人的数据保护问题。

在我国,温家宝总理在2009年8月视察无锡物联网研究中心时提出:尽快建立我国的“感知中国”中心。2009年10月24日,在第四届中国民营科技企业博览会上,西安优势微电子公司宣布:中国第一颗物联网的中国芯“唐芯一号”芯片研制成功,中国已经攻克了物联网的核心技术。这一技术满足各种条件下无线传感网、无线广域网、有源射频识别(RFID)等物联网应用的特殊需要,为我国物联网产业的发展奠定基础。2010年初,物联网等新兴战略性产业写入了政府工作报告。由此可见,加快物联网相关技术研究,强化我国在物联网国际标准制定中的话语权,是国家信息化发展战略的需要,对于在快速发展的信息产业中占据制高点,带动新产品开发、产业技术升级,催生和引领产

业发展变革,培育和形成具有我国自主知识产权的物联网产业,增强国家核心竞争力具有重要意义。

总之,物联网已得到全球各国关注,成为新一轮信息技术竞争的关键点和制高点,各发达国家纷纷加快物联网前瞻布局。我国也将物联网上升为重点扶持发展的五大战略性新兴产业之一。加快发展物联网产业,有利于提升城市管理水平、促进产业结构调整 and 增强城市综合竞争力。

2. 物联网研究基础:基于云平台的 RFID 物联网架构研究课题

物联网的重要意义在于提出了一个统一的概念和术语,是一个为了激发大家的热情和动力的术语;是一个为了便于交流的术语;是一个大家都能听得懂的可统一其他各种专业称呼的公众术语。物联网能让地球上的物品说话,能让人们通过网络智能地听见物品说话、看见物品的行为,同时又能让物品智能地听话、智能地做动作,达到让物质世界与人类智能对话的目的。

物联网的问世,打破了传统思维。过去一直将物理基础设施与 IT 基础设置分开,一方是机场、公路、建筑物等;另一方是数据中心、个人电脑、宽带等。而在物联网时代,所有的物品、电缆、芯片、宽带将整合为统一的基础设施,世界就在物联网上开展各种活动。因此,美国权威机构 Forrester 预测:到 2020 年,世界上物物互联的业务跟人与人的通信业务相比将达到 30 : 1,物联网被称为一个万亿级的通信业务。

要实现物联网,首先要将物理世界中那些不具有智能的种种“物”与互联网联系起来。换言之,物理世界与互联网之间必须建立信息通道。在物联网结构体系中,这一部分称之为感知层。联网的“物”包罗万象,它们的体积大小、形状、物态、所处环境、所含物质与运动状态等都千差万别。因此,要实现感知层的技术必须满足无线、自动、可靠、能靠吸取周围的能量运作的要求。其硬件设备必须形状可变、制作简单、低价、能承受恶劣环境。从当前的各种技术来看,RFID^[4-6]无疑是最佳的选择。事实上,1999 年 Auto ID 中心提出的第一个物联网设想中,得到广泛应用的 RFID 就被选中为实现感知层的技术。在这个物联网雏形中,将每件商品贴上 RFID 标签,内写该商品的唯一标识码。在互联网与商品的联结终端有一个 RFID 读写器,当商品靠近读写器时,将标签中的商品代码读出,通过远程信息库查询,获取该产品信息。

要实现 RFID 物联网与实物产品的流动关联性,必须将 RFID 物联网构筑于广域网之上。而近年来,在信息技术领域,云计算^[7-13]作为一种新兴的计算模式被提出,并迅速从概念走向应用。云计算的成功应用之一是 Google 搜索引擎,它的数据分布式存储在各地的数据中心,当用户发出搜索请求时,可以并行地从数千台计算机上发起搜索并进行排名,将结果反馈给用户。云计算是将动态、易扩展且被虚拟化的计算资源通过互联网提供出来的一种服务。虚拟化、弹性规模扩展、分布式存储、分布式计算和多用户是云计算的关键技术。云计算的超大规模、虚拟化、多用户、高可靠性、高可扩展性等特点正是物联网规模化、智能化发展所需的技术。

所以,2011 年提出基于云平台的 RFID 物联网架构研究课题。此课题的研究,既可

以促进物联网技术的发展,又能促进我市的信息化建设。当前,我市正处于推动物联网产业发展的起步阶段。厦门的物流业发达,物联网的雏形分布广泛,再发挥厦门无线城市的优势,争取将厦门打造成物联网产业明星城市,让物联网产业成为厦门经济发展的又一亮点,这是完全可能的。该课题目前已经结题,取得了一定的科研成果。

(二) 网格技术

随着信息技术的飞速发展,网络应用的逐渐普及,网格成为继 Internet 和 Web 之后的革命性技术。网格构筑在网络之上并涵盖所有的网络资源,将高速互联网、计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,形成一台巨大的超级计算机,它能为我们提供广域范围内的各种资源以及各种服务的共享与聚合。网格资源是庞大的、分布式的、异构的,决定了其复杂、动态和自治等特点,同时,其巨大的潜能也有待开发利用。所以,怎样利用现有资源解决大规模复杂计算问题成为计算机领域的研究重点。由于本课题主要利用网格技术实现物联网下的交通管理平台,所以,下面对网格技术的相关研究进行叙述。

1. 基本思想

1998年,美国 Globus 项目的领导人 Ian Foster 描述:“网格是构筑在互联网上的一组新兴技术,它将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,为科技人员和普通老百姓提供更多的资源、功能和交互性。互联网主要为人们提供电子邮件、网页浏览等通信功能,而网格功能则更多更强,让人们透明地使用计算、存储等其他资源。”2000年,Ian Foster 作为全球网格研究的领军人物,把网格进一步描述为“在动态变化的多个虚拟机构间共享资源和协同解决问题”。至此,人们仍然就什么是网格而争论不休。2002年7月,Ian Foster 在参考文献[14]中限定网格必须同时满足3个条件:①在非集中控制的环境中协同使用资源;②使用标准的、开放的和通用的协议和接口(Ian Foster 认为目前只有 Globus 才算得上标准协议);③提供非平凡的服务。这3个条件非常严格,像 P2P、SUN Grid Engine、Condor、Entropia、MultiCluster 等都被排除在网格之外。而对 P2P 和 Grid 进行详细分析的文章见参考文献[15]。至此,Ian Foster 已经把他头脑中的网格概念描述清楚了。但并不是所有人都同意他的观点。例如,有许多人赞同广义的网格概念,将它称作巨大全球网格(great global grid,GGG)。它不仅包括计算网格、数据网格、信息网格、知识网格、商业网格,还包括一些已有的网络计算模式,如对等计算 P2P(Peer to Peer)、寄生计算等。可以认为,Ian Foster 赞成狭义的“网格观”,而 GGG 是一种广义的“网格观”。不管是狭义还是广义的网格,其目的不外乎是要利用互联网把分散在不同地理位置的电脑组织成一台“虚拟的超级计算机”,实现计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、软件资源、通信资源、知识资源、专家资源等全面共享。其中,每台参与的计算机都是一个节点,在网络上做计算是靠所有节点互相配合协作完成的。

简而言之,网格^[16-20]是构筑在互联网基础上的一组新兴技术,它将高速互联网、高

性能计算、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,整合成巨大的超级计算机,为科技人员和普通用户提供更多的资源、功能和交互性,实现互联网上所有资源的全面贯通。可见,网络最终目标是将整个互联网整合成巨大的超级计算机,实现各种资源的全面共享,为用户透明地提供各种高性能网络服务,最大限度地提高网络资源利用率。网络是一种基础设施,强调的是多系统的集成和协同工作,而不是单个系统的功能实现,这也正是它生命力所在之处。近几年,网络技术正是凭着与生俱来的分布、异构、动态、协同等特性^[21]成为分布式系统领域的关键技术。

网络兴起于科研领域,主要被各大学和科研实验室用于高性能计算的项目。这些项目要求巨大的计算能力,或需要接入大量数据。例如,卫星图像的快速分析、先进芯片的设计、生物信息科学研究、超级视频会议、制造业的设计与生产、电子商务、数字图书馆及一般的商务应用等。

2. 理论研究

网络研究起源于 20 世纪 90 年代初由美国政府资助的分布式超级计算项目 I-WAY。从 1993 年开始,高性能计算技术和互联网技术进一步融合,产生了继 Internet、Web 之后的第三次技术革命——网络。网络必将掀起继 PC 与 Web 之后的第三次浪潮。

网络在 Internet 基础上强调对计算、数据、设备等网络基本资源进行整合,力图将 Internet 作为一个社会化的计算基础设施。在计算模型、技术路径和研究目标上,网络计算和分布计算中间件范畴内的面向应用级别的交互、互操作和开发有很大的不同,它强调多机构之间大规模的资源共享和合作使用并提供资源共享的基本方法。显然,网络计算正在建立一种新的 Internet 基础支撑结构(如同 TCP/IP,WWW 协议和相应的软件系统奠定了现行 Internet 的基础),是 21 世纪大规模信息处理基础设施的先期实践。

目前,主要从事网络建设的国家和地区有中国、美国和欧盟。我国网络建设于 1999 年起步,比有些国家稍晚。目前我国网络资源有限,网络条件不高,网络的应用效果可能会受到影响;但在软件开发水平上,我国则与发达国家相差不多。由参考文献[22]~[28]可见,网络技术在我国的研究已经非常广泛。

(1) 国外网络技术研究状况

网络技术研究发源于美国,美国是目前网络研究走在世界前列的国家。网络的研究最初是从科研机构开始的,美国政府用于网络技术基础研究的经费已超过 5 亿美元,美国军方目前正在实施“全球信息网络计划”,预计在 2020 年完成。作为这个计划的一部分,美国海军陆战部队已启动了一个将耗资 160 亿美元、历时 8 年的项目,包括系统的研制、建设、维护和升级等多方面的工作。美国的多家研究机构开展了与网络相关的研究工作,开展了 Condor、Legion、Globus 等比较有影响力的网络项目。

欧洲也是网络研究和建设非常活跃的地区,已经启动了多个网络研究项目,其中的欧洲网格和数据网格是由多个国家参加的研究项目。欧洲网格的基本目标是建立一个

能够使用户安全、简单、透明地访问欧洲范围内信息资源的平台,为欧洲的科学研究服务。参加欧洲网格研究的主要机构有德国、英国、法国、瑞士、波兰和挪威的主要大学和计算中心。除此之外,还有一些航空、天文、高能物理等应用领域的机构和组织参加。该项目从网格基础设施、应用开发、基本技术3个方面开展工作。

在各国政府部门的大力支持下,亚洲的中国、日本、韩国等国都先后举办了网格方面的高级国际论坛或研讨会,网格的研究和应用已经在亚洲许多国家和地区轰轰烈烈地开展起来。亚太网格是亚洲和环太平洋地区网格研究的基础设施。它把重点放在资源共享、网格技术开发、网格技术推广使用等方面,它不局限于较少的几个发达国家,也不局限于特定网格,更不对研究组织进行限制。它也是亚洲和环太平洋地区各国研究人员进行技术交流、信息交换的场所。它作为亚太地区的代表参加了全球网格论坛组织以及与网格研究有关的其他活动。参加亚太网格的研究机构有来自澳大利亚、加拿大、中国、印度、日本、马来西亚、新加坡、韩国、泰国、美国等国的几十家机构。

目前,网格的研究已经从美国和欧洲推广到了世界各大洲,各个国家和地区都投入了大量的资金进行网格技术研究和网格基础设施建设。为了将有限的资金投入庞大网格系统的建设中,国际与地区间的研究机构和商业机构开展有效的合作是非常必要的。全球网格论坛、地区网格论坛、国家网格论坛、网格协作组织纷纷出现,用来协调成员之间的合作关系、开发标准和协议。全球最大的网格联盟——全球网格论坛已经成为事实上的网格标准的制定与发布机构。

志愿者计算^[29]是借助于国际互联网开展的一项活动,参加者是自愿的,参加该活动的人只需要有能和国际互联网连接起来的机器,同时自愿贡献自己机器的计算资源即可。进行计算时,从主管计算的节点抓取程序和数据,在自己的机器上运行,计算完成之后将结果和有关信息报告给主管节点即可。一个用户进行的计算只是整个计算任务中的一小部分,一次计算对整个计算任务的完成只做出了一份很小的贡献。由于分布于世界范围的大量志愿者的贡献,最后得以完成整个计算任务。全球范围的志愿者贡献了大量的处理器,能够提供的总的计算能力会远远大于最先进的超级计算机所具备的计算能力。世界范围内的志愿者计算项目或计划已经有许多,例如 SETI@home 项目、Distributed.net 计划、Folding @ home、Distributed Folding、Find-a-drag.com、Genome@home、GIMPS、Fight AIDS@home。其中,作为网格计算的成功典范,SETI@home 项目自 1999 年初开始将分布于世界各地的 200 万台个人电脑组成计算机阵列,用于搜索射电天文望远镜信号中的外星文明迹象。在不到两年的时间里,这种计算方法已经完成了单台计算机 345 000 年的计算量,可见这种分布式计算处理能力之强大。时至今日,从参考文献[30]~[33]中可以看到,网格技术研究成就更是硕果累累。

(2) 国内网格技术研究状况

我国也大力支持并积极开展网格科研工作。国内早就有一些大学和研究所开展了关于网格技术的研究,其中包括清华大学、华中科技大学、国防科技大学、中国科技大学、江南技术研究所及一些应用领域的单位。目前它们已经开始用 Globus 工具集构建

和使用网格,比如中国教育科研网格(China Grid)。

从 1999 年底到 2001 年初,中国科学院计算所联合十几家科研单位,承担了“863 计划”重点项目“国家高性能计算环境”(NHPCE)。该项目的目标是建立一个在分布式环境下支持异构平台的计算网格示范系统,它把我国的 8 个高性能计算中心通过 Internet 连接起来,进行统一的资源管理、信息管理和用户管理,并在此基础上开发了多个计算型的网格应用系统,取得了一系列研究成果。国家高性能计算环境和清华 ACI 系统,被媒体称为“我国网格计算的最高成就”。中科院计算所在“国家高性能计算环境”项目之后,推出了“服务网格”(service grid)概念,并把其网格研究统称为“织女星网格”(Vega grid),其目标是使同一个平台同时具备以下几种能力:大规模的数据处理能力、高性能计算能力、资源共享和提高资源利用率的能力。

2002 年 4 月 5 日—6 日,科技部召开了“网格战略研讨会”,很多应用领域都对网格技术提出了需求,确认将网格的研究和应用列为“863 计划”的一个专项,标志着由“863 计划”支持的“中国国家网格”(China National Grid,简称 CNGrid)专项正式启动。中国国家网格目标是开发技术先进、性能稳定、实用性强的网格软件(CNGrid GOS),有效支撑中国国家网格环境与网格应用的开发、部署、运行管理和维护,实现生产性运行并推广应用。期望通过 CNGrid GOS 支持的资源共享、协同工作、应用集成功能,取得显著的应用效果。该课题由中科院计算所牵头,6 家单位共同承担。CNGrid GOS 包含需求规范与总体管理、系统软件研究、编程使用环境、网格 workflow、数据网格、工程化与系统集成和成果推广共 7 个工作包。网格与服务计算中心承担的研发任务主要有总体设计、网格系统软件、网格编程环境与使用环境,同时还参与网格 workflow 软件的研发。2007 年 6 月 11 日至 12 日,计算所网格与服务计算中心在其新科研楼承办的中国国家网格软件 3.0 版总体设计通过评审。

与时俱进,紧抓时代的发展契机。2003 年 12 月,我们科研团队在博士生导师常桂然教授引领下,成功申报了高等教育学校博士学科点专项科研基金项目“基于分布式哈希表的网格应用基础设施构建技术(项目编号:20030145017)”。

2007 年 3 月 13 日至 14 日,“十一五·863 计划”重大项目“高效能计算机及网格服务环境”在北京召开了项目启动会暨第一次工作会议。“高效能计算机及网格服务环境”重大项目的总目标是在“十一五”期间研制出具有自主关键技术的每秒 1 000 万亿次浮点计算能力的高效能计算机,使我国高性能计算机的研究、制造水平达到世界第三;突破资源共享和协同工作的关键技术,基于国产高效能计算机,建成中国国家网格服务与应用环境,支撑信息化重要应用,使我国网格技术及应用达到世界先进水平。项目一期的任务是研制出两台每秒百万亿次浮点运算的高效能计算机,掌握千万亿次高效能计算机关键技术;基于国产高效能计算机,形成具有每秒 300 万亿次以上聚合浮点计算能力和 1 000 万亿字节(1PB)以上存储能力的中国国家网格服务与应用环境。“863 计划”网格研究项目的启动使我国的网格研究迅速向世界水平迈进。

与此同时,网格模拟技术的研制开发也在同步进行。它是网格研究的一项重要内