基于网格计算的分布式虚拟现实技术在电力调度事故演习系统中应用的初步探讨

陈杜琳[1]，乐秀璠[1]，陈光新[2]
1. 河海大学电气工程学院，江苏南京（210098）
2. 江苏镇江供电公司，江苏镇江（212000）
E-mail: 182521228@qq.com

摘　要: 首先介绍了传统的分布式虚拟现实技术，说明了该技术的局限性和难于实现的原因；接着介绍了网格技术及其发展，和基于网格计算的分布式虚拟现实技术与传统的分布式虚拟现实技术相比较的先进性，阐明了基于网格计算的分布式虚拟现实技术将会在电力系统中广泛应用的原因，初步探讨了基于网格计算的分布式虚拟现实技术在电力系统中的广阔的应用前景。简要的介绍了传统的电力调度演习系统，以及基于网格计算的虚拟现实技术的电力调度演习系统的先进性。设计了基于网格计算的分布式虚拟现实技术的电力调度事故预防演习系统理论模型；在该模型的基础上，对基于网格计算的分布式虚拟现实技术在电力调度事故预防演习系统中的实现，做了深入的研究。

关键词: 分布式虚拟现实；网格技术；电力调度

0. 引言

2008 年春节一场严重的雪灾，导致我国发生大面积、长时间的停电事故，暴露出我国电网安全的漏洞。近年来我国大力发展大电源，而分布式电源的建设相对不足。大电源的好处是劳动生产率高、节约能源，但问题是安全风险较高，电网一旦瘫痪，大电源有电也送不出；而分布式电源装机容量小、发电效率低，但优点是能保证独立输变电。并且在近期内这种格局不会有太大的变化，如何未雨绸缪，做好电力调度事故的预防演练，来保证电网的安全，是一个迫切的问题。电力系统的特点决定了难以采用试验的方法来实现预防演练。这就迫切得需要采用虚拟现实技术来实现。

虚拟现实(VR)技术开始出现，便成为研究的热点。构建一个虚拟现实系统的基本手段和目标，就是利用高性能的计算机软件及各类先进的传感器，创建使参与者处于具有身临其境的沉浸感和完善的交互作用能力的环境。该技术现已应用于军事模拟、科学可视化、医学、工程建筑、游戏与娱乐、教育与艺术等方面。尽管如此，虚拟现实技术仍处于研究阶段，许多问题亟待解决。随着高速网络、显示设备的发展，用户的要求也不断提高，这给虚拟现实技术的发展提供了强大的推动力，并将会深入的应用到包括电力调度事故演习中。

1. 传统式虚拟现实系统及其不足

因为图形硬件加速器的性能有限，高性能的图形工作站和高度并行的图形处理硬件与软件体系结构是实现图形实时生成的一个重要途径。然而应用模型的复杂程度往往超过当前图形工作站的实时处理能力，受到计算机三维渲染速度的制约，在 VR 高质量图形的实时生成要求下，传统的分布式虚拟现实系统耗费巨大的精力是在算法研究设计上，如何从软件着手，减少图形画面的复杂度，一直是 VR 中图形生成的主要目标。算法的改进对计算机图形生成的实时性的改进是有限的，所以，尽管以实时、三维、交互和逼真为主要特征的分布式虚拟系统一直是研究的热点与方向，分布式虚拟系统一直只是在实验室和国家专门机构得以实现和应用。大型组织的虚拟现实系统存在着以下这些不足之处:①一个大型 VR 系统通常规模庞大，要求项目纳入横跨多个地区甚至国家的多台超级计算机；②要把系统中程序代码及初始数据传送到每台并行计算机上时，必须逐一登录，并用手工完成；③在程序运行过程中，

有一台并行计算机出现异常情况(比如硬件故障或停电)时，系统只能停下来，再找机会重新开始；④一旦连接某台并行机的网络出现拥塞或根本不通，整个系统只有停下来等待；⑤如果加入网络的并行计算机因为有更重要的任务，要求提前退出系统的执行时，所做的一切工作都将前功尽弃；⑥如果没有另外的程序文件，系统的运行结果和日志数据将分别保存在不同的并行计算机上，至于动态分析和调整所有机器的运行状态，更是不可能实现；⑦超级计算机不太可能完全为某个应用空出来，它还会运行其它的任务，它的负载会时轻时重，系统在这些结点上的运行就会出现时快时慢的情况，从而影响全局的性能，使系统所要渲染的场景或者仿真的结果偏离实际，因为一般虚拟现实系统在这些并行机上的任务划分都是固定的，无法适应环境的变化[4]。

对一般用户而言，要在自己的 PC 机上构建一个虚拟系统是难以实现的，因为虚拟现实外设昂贵，用户无法做到运用这些先进的虚拟现实设备来体会一下真正的虚拟现实环境。在网络上构建一个真正的分布式虚拟现实系统更是不可思议。无论是 C / S 还是 B / S 结构，都会不可避免地存在客户机或服务器的闲置时刻，完成不同图形建模和渲染功能的计算机之间也存在着处理串联事件时的资源浪费。

2. 基于网格计算的分布式虚拟现实技术

网格(Grid)概念产生于 90 年代中期，它是从电力网(Power Grid)概念借鉴过来的。网格的最终目的，是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、网络资源、通信资源、知识资源、专家资源等不同资源的全面共享[5]。以服务为中心的网格体系结构 OGSA(0pen Grid Services Architecture)，是当前网格研究的一项重要成果，使网格技术逐渐走向实际应用。基于网格计算的分布式虚拟现实技术的主要目标是在 Internet 上研制适合高速网络特点的可视化群组协同工作环境[6]。它以网格技术作为基础设施，结合最新的音频、视频和网络技术，为用户提供一个全方位的音视频交流空间。同时，它将加强对虚拟现实技术、无线网络的研究；从而拓宽了网格技术的应用前景。

基于网格计算服务开发出的分布式虚拟现实系统具有先进性。运用网格计算技术，把分布在世界各地的计算机连接在一起，并且将各地的计算机资源通过高速的互联网组成充分共享的资源集成，可以说是在巨型机与互联网技术的基础上推出的一项新变革。通过合理调度，不同机构的计算环境被综合利用和共享，实现了使用一个超级网络联接来处理某一课题的功能，而且减少和避免了对自身设备升级和购买的投入。这正是虚拟现实工作中所努力的方向，从网络到网格，虚拟现实技术必将更迅速、更完美地通过计算机创建出一种虚拟环境，通过多感官的作用，使用户产生和现实中一样的感觉，并且实现用户与环境直接进行交互。一个好的虚拟现实环境将由包括计算机图形学、图像处理、模式识别、多传感器、语音处理和网格计算技术所构成的大型综合集成环境[4]。

由于电网场景数据采集量巨大，加之调度动作等操作，整个场景将是一个动态的场景，故运算复杂，有限的计算机无法满足业务的需要。只有结合网格的计算优势，实现对海量数据集的分析和处理，并在网格环境中实现能够根据当前任务和指定资源进行任务分配的功能，提供直观的、有真实感的、可交互的现实场景。在网格环境下进行模拟，不仅避免复杂算法的重复开发，打破了计算能力大小、地理位置等的限制，还使得普通用户通过现有的企业网络资源方便的使用网格门户页面或应用程序，对数据资源和封装后的算法资源、计算资源进行访问。网格计算关心的是如何在动态、异构的虚拟组织中实现资源的共享和协同。它

将取代孤立的计算机系统、软件和应用，把世界连成一个开放的、一体化的、资源共享的全球电脑网络。网格突破了集群的地理界限，其组成资源可以自由地聚散，并且通过合理的网格算法和调度策略，提供更加灵活且高效的服务。

3. 基于网格计算的分布式虚拟现实技术在电力调度事故预防演习系统中的实现

为了保证电力系统可靠、安全、经济的运行，在规划、分析和研究电力系统时必须确切完整的考察实际电力系统的静态特性和动态特性。因此需要一个强有力的工具来分析实际电力系统的运行情况。然而电力系统的特点决定了难以采用试验的方法来实现，虚拟现实技术的出现使这一过程的实现成为可能。采用虚拟现实的方法可对电网静态特性和动态特性进行分析和模拟，具有不受系统规模和结构复杂性的限制，保证被研究和试验系统的安全性、良好的经济性和便利性，以及对未来系统性能预测等优点。分布式虚拟现实技术现在虽然还在理论研究阶段，但是随着虚拟现实技术的不断成熟，计算机硬件性能的不断提高，计算机网络通信技术不断发展，分布式虚拟现实技术与远动自动化控制系统、输变配电 GIS 系统、视频监控系统、故障处理和事故现场模拟系统、电力调度系统、电力调度事故预防演习系统等相集成，将会成为整个电力生产有力的辅助工具。

传统的电力调度事故演习系统就是调度员培训仿真系统，在系统上建立各种各样的输电系统和二次设备的模型，借助软件来模拟可能发生的事故，供调度员训练。由于通信、协同计算等技术水平的限制，该系统不足之处是提供不了真实的现场，培训达不到身临其境及实战演练的效果。随着电力通信的发展，光纤通信和宽带网的建设，提供了建立新电力调度事故演习系统的条件，运用先进的通信技术、网络技术、基于网格计算的分布式虚拟现实技术等，通过创新使反事故演习系统发生质的飞跃，能够提供几乎和现场完全一致的真实的场景，提高了现场效果和训练质量。笔者对基于网格计算分布式虚拟现实技术的电力调度事故预防演习系统的实现做了一定的研究，获得系统理论模型如图 1 所示。电力调度事故预防演习系统必须按照实际系统运行的时序要求来完成系统的每一个步骤，要求虚拟的时间比例尺完全等于原始模型的时间比例尺，电力调度事故预防演习系统和实际系统的结果尽可能一致，而这两者的吻合程度在很大程度上取决于所采取的分布式虚拟现实的技术，由于网格技术的先进性，基于网格计算的分布式虚拟现实技术是最佳的选择。为了满足系统的及时性的要求，必须选择合适的虚拟现实的算法。算法的稳定性要高、健壮性要好、快速性要高、鲁棒性要好；算法相容性高、简单并且收敛性好；算法所用的信息和实际输入的信息一致性高。电力调度事故预防演习系统的流程图如图 2 所示。这个环境可以是对现实或历史的真实反映， 可以是对高性能计算结果或数据库的可视化， 也可以是个纯粹虚构的空间。

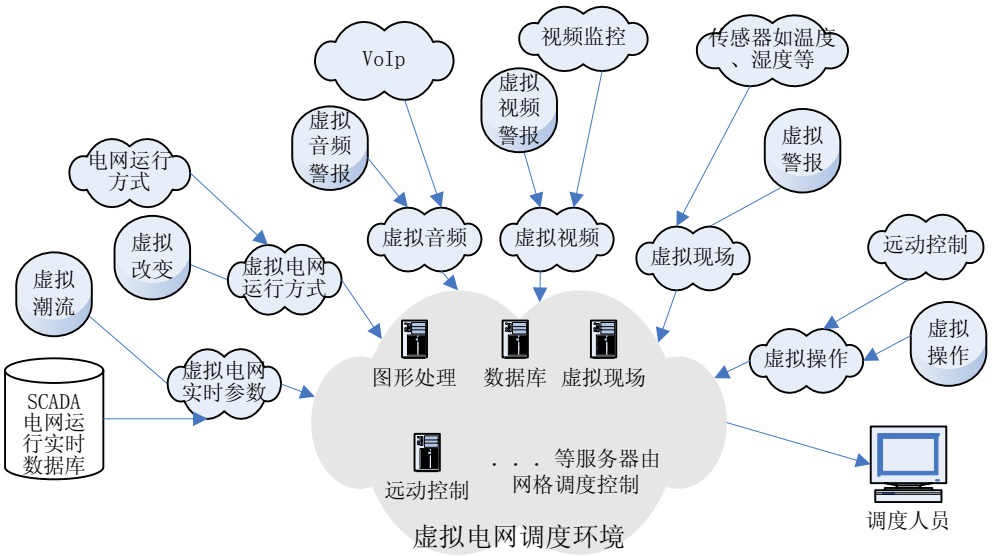

图 1 基于分布式虚拟现实技术的电力调度事故预防演习系统理论模型

Fig.1. the model of accident defense system in power controlling based on distributed virtual reality

运用网格计算技术，把分布在电力公司各地的计算机连接在一起，区域电力公司内的计算机资源通过高速的网络组成充分共享的资源集成。通过合理调度，各种计算环境被综合利用和共享，由一个网络联接来处理这一课题的功能，而且减少和避免了对自身设备升级和购买的投入。如虚拟视频、虚拟音频、虚拟环境等可以借助于变电所视频监控服务器等服务器群组协同运算来共同完成故障变电所的虚拟场景的生成。用虚拟现实造型语言(vILL4L)可开发多种分布式虚拟现实应用，由于目前电力信息网络的传输速度还不能满足分布式虚拟现实系统的实时性和交互性要求，为此可以通过提取场景描述图，由调度员选择感兴趣的部分场景传输，以减少网络数据量和提高系统实时性。

在实际运行中，调度指令的发出可能基于多种状态，即实时状态、连续状态和历史状态。实时状态指电力系统中的实时监控系统即 SCADA 系统实时状态；连续状态是针对操作的连续状态，如“设备运行转检修”和“设备检修转运行”这一连续操作所涉及的相关设备的一组状态；另外，调度员还需要一些典型的历史运行方式，这需要用到一些特定时刻的历史状态。非实时状态都是 MIS 系统对 SCADA 等系统的实时数据的接收和显示，然后通过动态数据交换方式提供给图形显示程序；以电网接线图、实时数据表、实时曲线和实时数据统计图等形式将实时信息提供给调度员。电网运行的初始数据采用 SCADA 等实时系统的初始数据或状态估计后的数据。SCADA 等实时系统的遥测、遥信数据是进行电网分析计算的基础。但是实际应用中从 SCADA 等实时系统获取的网络状态存在着不同程度的误差和不可靠性，因此必须结合电网正常的运行规律、实际电网运行方式、远控装置实时采集的数据等进行修正。这部分构成了这个事故演习系统的电网运行方式和现状的模拟，可以由 SCADA 系统、生产管理系统、远控自动化系统等集成来实现。

为了适应紧急情况的处理，潮流计算必须迅速并且准确。在事故预防演习中，总是假设某一故障导致支路开断，引起的潮流变化一般是局部，可以选用快速的直流潮流计算方法。同时根据 SCADA 的检测系统对变电所和线路监测点的电压、频率、谐波、三相不平衡度和闪变五项电能质量指标状况，并进行网损分析，尤其是注意那些不合格电能质量指标的信息进行汇总。这就形成了电能状况的虚拟实现，整个系统可以由电能监测系统、潮流分析计算系统等进行系统集成实现。

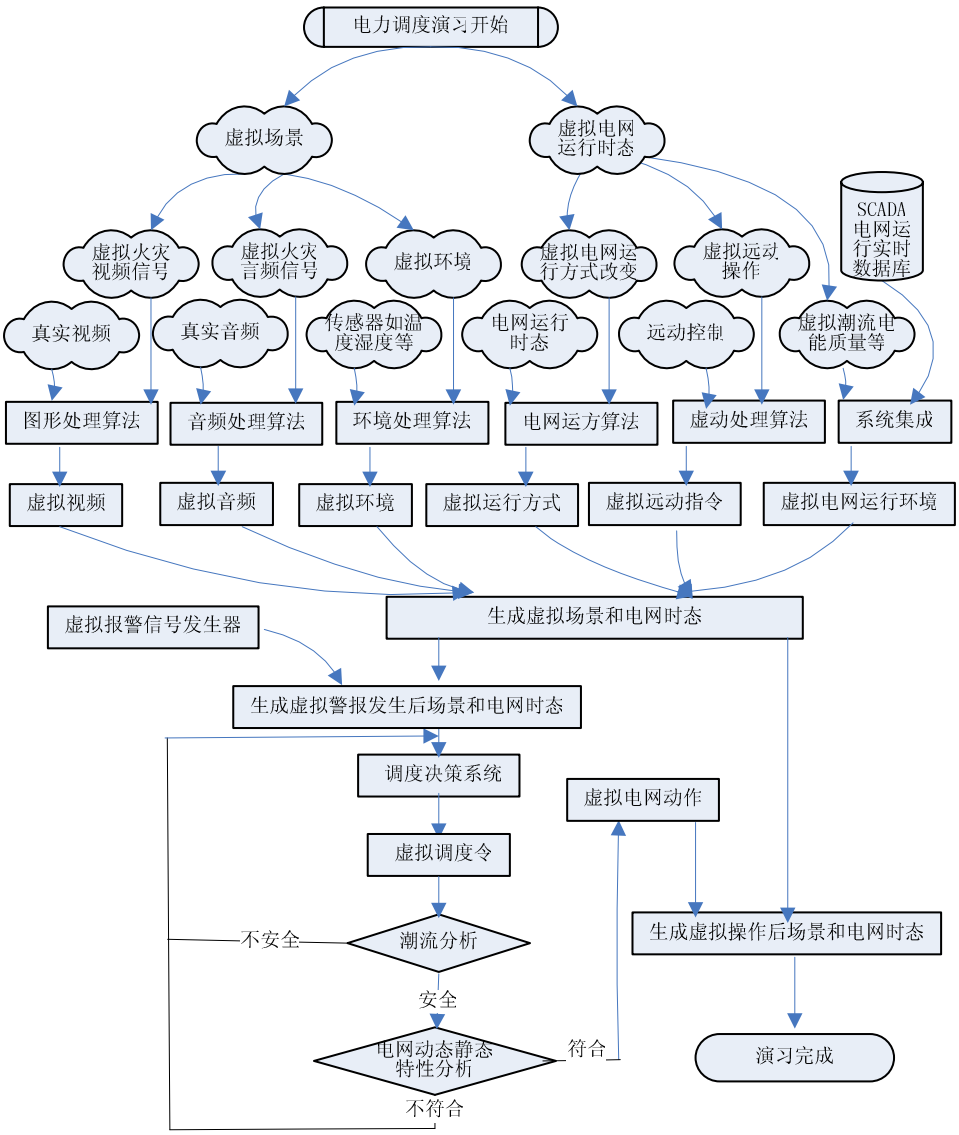

图 2　电力调度事故预防演习系统流程图

Fig.2. the process of accident defense system in power controlling

基于上述的虚拟环境、虚拟电网运行方式和状况、虚拟电能状况（包括潮流）等，构成了电力调度事故预防演习系统虚拟电力调度的决策依据，形成虚拟调度令。调度令的执行会对电网的运行方式产生不同程度的影响，并且其影响是全局的，所以还必须进行全潮流计算和电网的动态、静态特性分析，以保证调度令的安全和科学。

该系统采用网格技术，通过电力信息网络把分散在不同地理位置、不同部门的电脑组织成一台“虚拟的超级计算机”，实现了实时监控系统即 SCADA 系统、视频监控系统、生产管理系统、调度决策系统、调度自动化系统等等信息系统的计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、软件资源、网络资源、通信资源、知识资源、专家资源等资源的全面共享，形成以服务为中心的网格体系结构。它以网格技术作为基础设施，结合最新的音频、视频技术，为调度员提供一个全方位的音频、视频交流空间。该系统不仅能够用在调度事故演习，还能够实现调度员的仿真培训。各地的参与者通过网络聚在同一个虚拟的调度场景里，既可以动作，又可以相互沟通，还可以与虚拟环境交互，使之发生改变。

4. 总结

分布式虚拟现实环境是计算机网络技术、通信技术和虚拟现实技术等多学科交叉结合的产物。基于网格计算服务开发出的分布式虚拟现实系统具有先进性，通过网格技术可以解决原有虚拟现实系统中的若干问题，随着这项技术的发展和成熟，同时计算机处理速度、存储容量、网络技术、通信技术、分布式协同运算技术等不断发展，分布式虚拟现实在电力系统中将会有广阔的应用前景。分布式虚拟现实技术和仿真技术相结合应用到电力系统中，将会成为一个研究热点。

用虚拟现实技术设计的电力调度事故预防演习系统，更迅速、更完美地通过计算机创建出一种虚拟电力调度环境，通过多感官的作用，使调度员产生和现实中一样的感觉，并且实现用户与环境直接进行交互，调度员对整个过程有直观、全面、清晰、深层次的认识，还可以作为对调度员的培训使用。但是这种技术也有很大的局限性：运算量大，技术难度大；它包括计算机图形学、图像处理、模式识别、多传感器、系统集成、语音处理和网格计算等技术综合应用；分布式协同计算的算法复杂难于调度。

参考文献

[1]. 陈剑赟,吴玲达,张茂军,分布式虚拟环境,计算机工程与应用,2004 年 7 月
[2]. 王江云,彭晓源,王行仁.基于网格技术的先进分布仿真协同环境,计算机工程,2004 年 4 月
[3]. 胡字峰.基于网格的资源共享技术体系分析,情报科学,2004 年 1 月
[4]. 王汝传,姚旭敏,王海艳.网格计算在分布式虚拟环境中的应用,重庆邮电学院学报,2003年9月
[5]. 网格计算的应用及发展前景,http://www.itlw8.cn/Html/?382.html
[6]. 于炯.网格计算的体系结构及其实现技术, 新疆第五届青年学术论文汇编,2004年11月
[7]. 郝爱民,张会华.虚拟社区漫游系统中步行器的设计与实现,微型机与应用,2001年第4期
[8]. 张慧,张明敏,潘志庚.分布式 VRML 场景的实时浏览和交互观察,系统仿真学报,第 13 卷,第 3 期,2001 年 5 月
[9]. 冯家宏,董科军,阁保平.Access Grid 网格环境下的可视化群组协同工作环境,微电子学与计算机,第 21 卷,第 4 期,2004 年

The basic discussion on the distributed and grid-computed virtual reality technology in power controlled accident

Chen Dulin[1], Le Xiufan[1], Chen Guangxin[2]
1. EE. Dept. of HoHai University, Nanjing, Jiangsu（210098）
2. The power company of Zhen Jiang, Zhenjiang, Jiangsu（212000）

Abstract

This paper introduced the deficiencies of the traditional Distributed Virtual Reality technology, and the development of grid technology at first, as well as the advantages of combination with grid technology and virtual reality technology, which showing the importance of the grid technology in the virtual scheduling system. Then, the basic research on the application of Distributed Virtual Reality in power system was discussed. It introduced briefly about the traditional exercise of power dispatch system, and the advantages of the power dispatch system based on grid computing and virtual reality technology. The theoretic models of accident prevention power dispatch systems based on grid computing distributed virtual reality technology was designed, besides, an in-depth study was taken in the paper, grid-based distributed virtual reality technology achieved in accident prevention exercises power dispatch system .

Keywords: distributed virtual reality; grid technology; power dispatch