

栅格通信网络体系结构及关键技术研究

范淑艳¹, 熊高云²

(1. 西安电子科技大学通信工程学院, 陕西 西安 710071;

2. 北京科技大学信息工程学院, 北京 100083)

摘要: 针对可管可控的通信网络如何更好地支持信息栅格应用进行了研究, 提出了一种面向服务的栅格通信网络(GCN)体系结构, 并对其中的关键技术进行了研究. 该体系结构的核心思想是在现有通信网络基础上增加栅格网络服务(GNS), 实现栅格应用信息的自动按需传送, 在保证信息传送端到端 QoS 的同时尽可能提高网络资源利用率. 在 ATM/MPLS 网络上, 基于策略机制开发了 GNS, 构建了 GCN 原型系统, 验证了 GCN 体系结构及关键技术的可行性.

关键词: 栅格; 通信网络; 体系结构; 栅格网络服务; 策略; QoS; 原型

中图分类号: TN915.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2400(2009)06-0990-06

Research on architecture and key technologies of the grid communication network

FAN Shu-yan¹, XIONG Gao-yun²

(1. School of Telecommunication Engineering, Xidian Univ., Xi'an 710071, China;

2. School of Information Eng., Beijing Univ. of Science and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: How to improve the ability of a manageable and controllable communication network in supporting information grid application is studied. A service-oriented architecture of the GCN (Grid Communication Network) is presented and the key technologies of the GCN are studied. The core idea of the architecture is to increase the direct interaction between grid application and network, to provide the ability of automatic transport according to the transmission demands of grid application information, to guarantee end-to-end QoS and improve network resource utility at the same time by adding GNS (Grid Network Service) to the current communication networks. Some services of the GNS for the ATM/MPLS communication network are developed based on the policy mechanism. A GCN prototype system is constructed by integrating the GNS and the ATM/MPLS network. Demonstration results show that the architecture of the GCN proposed in this paper and the key technologies are feasible.

Key Words: grid; communication network; architecture; GNS (Grid Network Service); policy; QoS; prototype

网络是基于网络构建的、灵活分布的信息基础设施, 支持在动态变化的网络环境中资源共享和协同解决问题. 随着网络技术的发展, 研究人员意识到网络资源调度与底层网络资源紧密结合的重要性, 开展了网络中通信与计算任务的联合调度研究^[1], 虽然建议在任务的计算资源选择时同时进行路径选择及通信资源提前预留, 但并没有详细介绍路径选择及通信资源预留功能实施的主体及具体实现机制.

栅格与网络没有本质上的区别, 通常认为网络基于因特网构建, 而栅格基于专用通信网络构建. 文中栅格通信网络(GCN)不是指网状网络(meshed network), 而是指能更好地支持栅格应用的通信网络. 网络对网格应用的支持主要表现在两方面: 一方面是网格应用能感知网络, 即网络资源调度能了解网络的实际传送能力及可用资源; 另一方面允许网格应用按需调配网络资源, 即网格应用对网络资源具有控制能力. 在基于

光网络的光子网格中有网格应用调配光网络资源的相关研究报道^[2], 但这里关注的是基于电的专用通信网络支持栅格应用的情况. 目前虽然对网格网络资源感知进行了一些研究, 如网络拓扑发现^[3]、网格网络性能测量^[4]等, 但是基本上都是基于测量机制实现. 关于网格应用调配网络资源的参考文献目前还极少看到. 关于栅格网络体系结构, 文献[5]提出网格网络应采用面向服务体系结构(SOA)将网络资源、能力等封装成栅格网络服务(GNS), 作为直接可寻址的、可重新配置的资源来实现, 与其他网格环境组件紧密集成, 只是还没有商用的系统.

笔者针对可管可控的通信网络支持栅格应用问题进行研究. 可管可控的通信网络与因特网不同, 网络具有 QoS 保证机制, 业务在网络内的传送及网络资源分配等均是可管理可控制的. 端到端的可用带宽是时变参数, 与网络的技术体制及实现机制, 与对应的优先级, 与选择的网络端到端路径、与采用的传送方式及与端到端路径上各段链路的负载情况都相关. 因此不考虑这些因素仅仅依靠网格网络性能测量不能反应实际的网络资源情况. 文献中没有考虑底层通信网络是可管可控的情况下栅格如何与网络控制或管理相结合问题.

笔者从通信网络角度出发, 对现有可管可控的通信网络如何更好地支持信息栅格应用进行了研究, 提出一种面向服务的 GCN 体系结构, 并对其中的关键技术进行了研究, 使网络能更好地与栅格应用结合, 使栅格应用能够自动按需调度通信网络资源, 在保证栅格应用信息传送 QoS 的同时提高网络资源利用率. 基于异步传递模式(ATM)的多协议标记交换多协议标记交换(MPLS)通信网络开发了 GCN 原型系统, 通过演示试验验证文中提出的 GCN 体系结构及关键技术的可行性.

1 一种面向服务的 GCN 体系结构

1.1 GCN 需求与现有通信网络的现状对比分析

假定可管可控的通信网络是由多个不同技术体制或不同管理机制的通信网络组成. 这些通信网络都具有各自的 QoS 保证机制、网络之间能够基于 IP 进行互连互通.

文献[5]对栅格网络的属性及详细需求进行了分析, 将其主要属性、需求与当前专用通信网络的现状进行对比, 结果如表 1 所示.

表 1 GCN 的属性、详细需求与现有专用网络的现状对比表

GCN 属性	GCN 的详细需求	现有专用网络的现状
抽象/虚拟化	网络虚拟层屏蔽网络的异构性和具体技术细节, 向应用和高层软件提供抽象化网络能力; 具有操作控制基本网络资源功能	没有网络虚拟层
动态变化	网络的传送需求动态变化, 网络资源也动态变化	通过人而不是自动地了解应用传送需求, 网络对信息传送需求的变化反应慢
自动提供	网络能自动感知应用的信息传送需求, 并能自动按需提供网络能力及网络资源	不具备该功能
自适应	以自动的方式适应需求及环境的动态变化	非自动调整方式
资源共享	与网格其他资源一样描述、发布、访问, 实现资源共享	不具备该项能力
确定论	采用适当的资源匹配应用需求的能力, 支持准确的服务等级	应用不能直接控制需要的网络资源
动态集成	使网络资源与计算、存储、可视、传感器等其他网格资源绑定	不具备该项能力
采用 SOA 体系结构	网络资源和网络能力以服务形式呈现	不具备该项能力

根据表 1 的对比分析, 目前现有通信网络在网络虚拟化、适应动态变化、自动提供网络能力、应用直接控制网络资源能力以及与其他网格资源动态集成等方面存在不足. 针对这些不足, 提出了一种面向服务的 GCN 体系结构.

1.2 面向服务的 GCN 体系结构

面向服务的 GCN 体系结构分层模型如图 1 所示. GCN 采用面向服务的体系结构, 在异构通信网络的基础上通过增加栅格网络服务(GNS)层, 将通信网络资源和网络能力与其他计算资源、存储资源一样以服务方式提供给栅格应用, 使通信网络能更好地与栅格环境集成, 更好地支持栅格应用.

GNS 层是与通信网络密切相关的栅格服务, 一方面, GNS 层能够与下层的通信网络交互, 获取可用的网络资源情况, 向上面的栅格应用层屏蔽通信网络的实现细节, 如网络拓扑、技术体制

等, 提供网络资源发现, 实现栅格应用对网络资源及网络传送能力的感知; 另一方面, GNS 层能够自动感知栅格应用的信息传送需求, 根据网络资源使用情况以及网络的 QoS 控制机制, 合理调配网络资源, 能够实现栅格信息自动按需传送控制, 同时提高通信网络资源利用率.

首先将各种栅格应用的信息传送需求采用抽象地应用较容易理解的标准格式表示, 应用在传送业务信息之前需要向 GNS 提交其信息传送需求, 根据网络的网络能力和资源情况对端到端的信息传送需求进行接纳控制; 如果网络资源能满足传送需求, 则对传送需求自动进行传送控制, 将端到端的 QoS 传送需求与网络传送能力、网络资源匹配, 采用专用网络支持的 QoS 控制机制、网络能够识别的配置参数对网络资源进行配置, 自动按需提供网络资源, 最终保证端到端的信息传送服务质量要求.

上述 GCN 体系结构中最重要的是 GNS, 下面着重对 GNS 相关的关键技术进行研究.

2 面向服务的 GCN 关键技术

面向服务的 GCN 的关键技术主要包括网络接入控制及应用需求感知服务(NACADAS)、基于策略的信息传送控制服务(ITCS)、网络资源管理服务(NRMS), GNS 封装及 GNS 与应用集成技术等.

2.1 NACADAS

NACADAS 支持“即插即用”. 这里的“即插即用”是指用户对网络资源的即插即用, 用户接入网络后, 只要使用合法的用户标识正常登录网络, 即可使用网络资源, 可以向网络提交其传送任务.

NACADAS 的主要功能如下: 提供与栅格应用的接口, 自动感知应用的传送需求, 包括业务类型以及传送 QoS 要求; 实现网络对用户的接入控制, 主要包括感知用户对网络的接入, 为用户分配接入网络标识符, 实现用户标识与网络位置的映射, 支持即插即用; 对接入网络的业务量进行控制.

2.2 基于策略的 ITCS

ITCS 的功能主要有两方面: 一方面根据应用传送需求中业务类型、传送 QoS 要求等对网络支持的优先级、QoS 保证机制、资源分配机制等进行映射、调度, 根据网络的传送能力和网络资源情况, 对传送需求进行接纳控制, 尽可能降低传送需求的拒绝概率, 提高网络资源利用率; 另一方面对接纳的传送需求进行合理调度, 确定该传送任务在网络内采用的信息传送方式、QoS 保证机制、优先级等传送调度和网络资源调配策略, 借助于 NRMS 对网络资源的配置功能, 实现栅格应用信息自动按需传送, 保证端到端 QoS.

由于栅格应用和通信网络具有公共的特点: 规模大、复杂、扩展迅速、动态变化. 因为基于策略方式具有灵活、扩展性好、自动、适应应用变化的特点, 针对栅格应用信息按需传送的要求以及复杂的通信网络进行管理控制的现实, ITCS 采用基于策略的方式实现.

信息传送需求中的一部分作为高层策略的输入. 高层策略是与具体传送技术无关的策略包括信息分类策略、信息重要性、保护策略、不同信息类型和信息重要性到保证服务质量及优先级的映射等. 低层策略是与低层通信网络的技术体制和实现机制密切相关的, 策略包括优先级策略、连接策略、路由策略、带宽分配策略等. 由于各个低层通信网络的技术体制、实现机制等不同, 对应不同网络的低层策略是不同的. 信息传送策略中需要重点解决网络能力及 QoS 机制抽象、传送需求与网络能力以及资源匹配、策略评估及优化等.

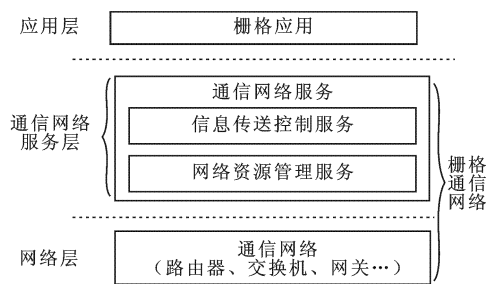


图 1 面向服务的 GCN 分层模型

2.3 网络资源管理服务 NRMS

NRMS 主要实现 GNS 与通信网络的集成或绑定. GNS 与通信网络可以基于控制面也可以基于管理面绑定. 控制面在许多方面是网络的“智力”, 例如它承担短时间内决定路径建立和日常以及自愈恢复的决策. 网络管理执行网络监视、配置、流量工程等功能, 作为一个与网络管理员的交互过程, 通常呈现出一个较长时间的调整. 网络管理绑定可利用已经存在的网络管理设施及特定的调用动作, 并且基于标准的网络管理协议和管理信息库 MIB, 基于管理面绑定将使网络绑定的任务大大简化, 故 NRMS 与网络采用管理面绑定.

NRMS 的功能如下: 通过 NRMS 能够了解通信网络的拓扑、技术体制、资源分配机制以及 QoS 保证机制等, 获取网络的工作状态及可用资源情况, 为 ITCS 进行需求接纳控制以及制定网络技术体制相关的传送控制策略提供依据; 通过 NRMS 能够配置网络资源, ITCS 制定的信息传送策略通过 NRMS 与网络的结合得以实施, 实现栅格应用信息的按需传送控制.

2.4 GNS 封装及与应用集成技术

GCN 面向服务的体系结构中, 网络能力和网络资源等均以服务方式呈现, 这与传统通信网络是迥然不同的. GNS 必须采用栅格体系结构中统一的服务描述语言、封装、发布方法进行相应处理, 才能够在栅格环境下实现网络资源的共享, 被发现进而被调用.

GNS 与应用集成技术主要涉及两方面内容: NACADAS 与栅格应用接口以及 ITCS 与栅格资源管理部分的集成.

通过 NACADAS 与栅格应用接口, GNS 能感知栅格应用的传送需求, 为自动按需传送提供需求输入, 另外感知应用接入网络位置. 众所周知, 通信网络对外提供的端到端传送能力除了与网络设备本身的交换、数据转发能力有关外, 还与网络拓扑、用户接入网络的位置密切相关. 虽然栅格应用提交作业给栅格环境时不必关心由哪些设备完成其任务以及这些设备在网络中的接入位置, 但 GNS 必须了解.

GNS 提供的网络资源只有与栅格资源管理集成, 栅格资源调度时充分考虑并按需调控栅格应用资源之间的网络资源, 才能充分发挥 GCN 对栅格应用的支持能力. GCN 具体抽象出哪些能力或哪些资源与栅格资源管理集成, 还是需要进一步研究的问题.

3 基于 ATM/MPLS 的 GCN 原型系统

根据对面向服务的 GCN 体系结构及其关键技术的研究, 基于 ATM/MPLS 通信网络开发了 GCN 原型系统. 原型系统组成示意图如图 2 所示.

原型系统中通信网络是由 3 台 ATM/MPLS 交换机和 1 台交换机维护终端组成的. 每台交换机内部都设计有支持 SNMP 协议的网络管理代理, 交换机支持区分多个优先级的 MPLS TE, 交换机维护终端主要用于验证 GNS 对网络资源配置的结果.

原型系统中 GNS 主要有 3 种, 即 NRMS, ITCS 和 NACADAS, 采用 java+tomcat+axis 的 Web 服务架构形式, 其中 NRMS 和 ITCS 全网只有一个, 而 NACADAS 在每个交换节点都配置一个, 实施对相应节点接入用户的接入控制. 另外开发了网络管理端和客户端软件, 提供网络管理和用户管理界面. NRMS 通过与交换机内的网络管理代理交互, 获取网络资源信息, 配置网络的 MPLS 连接资源; ITCS 根据应用提交的不同传送需求, 按照相应的信息传送策略, 确定信息传送方式、优先级、带宽等, 并转换为网络识别的 MPLS 连接配置参数. 网络管理端软件提供网络资源的可视化管理、接入用户管理和策略执行日志界面. 客户端模拟栅格应用传送控制接口, 与 NACADAS 交互, 提供用户注册、登录、提交应用传送需求、了解接纳控制结果的界面.

原型系统的工作流程如下:

步骤 1 用户通过客户端软件注册、登录网络, NACADAS 验证用户的合法性. 如果该用户合法, 在为其分配接入网络标识符, 更新接入网络的用户信息文件.

步骤 2 成功登录栅格网络后用户就可以向网络提交抽象的传送需求, NACADAS 向 ITCS 转发信息传送需求.

步骤 3 ITCS 按照传送控制策略自动对其进行接纳控制, 并对接纳的传送需求自动匹配生成网络的相

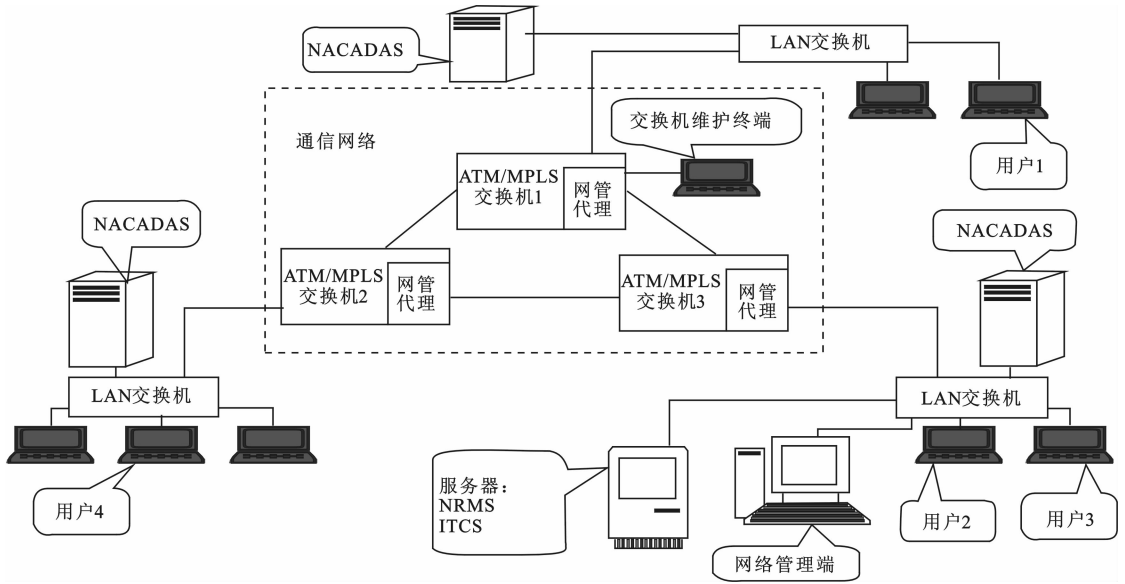


图 2 基于 ATM/MPLS 网络的 GCN 原型系统

应 MPLS 连接参数,通过 NRMS 配置相应网络资源. ITCS 收到 NRMS 返回“连接建立成功”后,通知 NACADAS 向用户发送通知“可以发送应用信息”。

步骤 4 应用之间开始传送业务信息。

步骤 5 应用传送完毕,应用通知 GNS 传送任务结束,GNS 按照策略自动释放相应的网络资源。

4 GCN 核心概念演示试验

基于 ATM/MPLS 网络开发的 GCN 原型系统进行了下列演示试验,试验流程及结果如下。

试验 1 试验 GNS 对网络资源的感知,即可视监控功能,网络管理界面如图 3 所示. 拓扑图中节点图标表示网络交换节点,节点之间的连线表明节点之间的中继链路. 点击节点和链路图标,可以显示网络相应描述和配置信息。

试验 2 验证 GNS 对网络资源的配置功能. 在图 3 所示的网络管理界面,点击“流量工程管理”按钮,接入 MPLS TE 配置界面,可以手动建立或删除网络内的 MPLS TE 连接. 对网络资源的配置结果可以通过交换机的维护终端观察、验证。

试验 3 试验用户接入网络的自动感知功能. 图 4 显示的是客户端软件接口模拟用户或应用传送控制代理接口. 用户成功登录网络后,在图 3 所示的网络管理界面点击“接入用户管理”按钮,可以观察接入网络的用户状态及接入网络位置。

试验 4 栅格应用传送需求自动感知及自动按需传送控制功能. 图 4 显示通过接口,用户只需向网络提交抽象的传送需求,如“源标识 shange001 和目的标识 shange004 之间需要传送 100 兆字节比较重要的数据文件,要求 40 s 内完成传送,这项传送任务不是周期性的,只是一次性传送”,GNS 自动按照传送控制策略匹配网络支持的相应 QoS 控制机制并自动分配网络资源. 网络资源分配成功后,图 4 的“系统反馈信息”框内的反馈信息通知用户或应用“连接建立成功,可以发送应用业务信息”。

试验 5 试验 GNS 对网络资源的自动按需分配功能. 在图 4 显示的接口中出现“连接建立成功”的系统反馈信息后,通过交换机维护终端可以验证在两个用户间已经按需建立了相应优先级和带宽的 MPLS TE

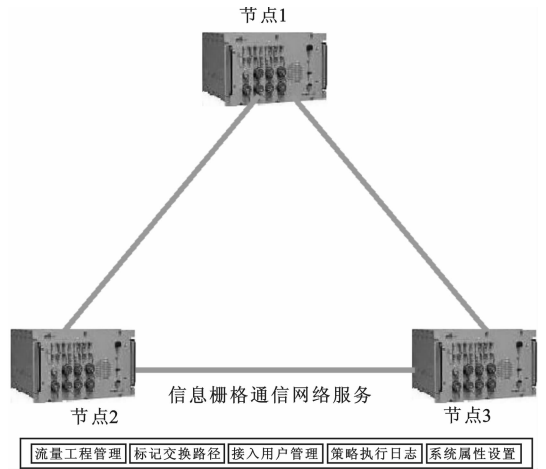


图 3 网络管理界面

连接。

试验 6 基于商用网络性能测量软件 IxChariot, 选择 TCP 测试, 编辑一个 100 兆字节文件, 试验 GCN 的自动按需传送功能。结果表明能满足传送需求的传送时间 40 s 的要求, 测量结果如图 5 所示。

5 结束语

针对基于可管可控的专用通信网络构建 GCN、提升网络支持栅格应用能力进行了研究, 提出了一种面向服务的 GCN 体系结构, 针对其中的 GNS 关键技术进行了研究。基



图 4 客户端软件接口

The image shows the IxChariot Test results window. The title is 'IxChariot Test - untitled1.tst'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Run', 'Window', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations and test execution. Below the toolbar, there are tabs for 'Test Setup', 'Throughput', 'Transaction Rate', 'Response Time', 'Raw Data Totals', and 'Endpoint Configuration'. The main display area shows a table of test results.

Group	Run Status	Timing Records Completed	95% Confidence Interval	Response Time Average	Response Time Minimum	Response Time Maximum	Measured Time (sec)	Relative Precision
All Pairs		2		7.191	6.866	7.516		
Pair 1	Finished	2	4.129	7.191	6.866	7.516	14.382	57.425

图 5 测量结果

于 ATM/MPLS 通信网络开发了 GCN 原型系统, 进行了演示试验, 给出了试验结果, 验证了笔者提出的 GCN 体系结构及关键技术具有可行性。

GCN 的研究工作刚刚起步, 后续还有很多工作要做, 如原型系统中全网的传送策略决策全部由信息传送控制服务做出。在任务负荷较重的栅格环境下, GCN 的效率会降低, 可参考文献[6]提出的授权决策模型将部分任务分散并行处理, 还需要丰富网络传送控制策略; 需要提出网络综合效能评价模型并进行仿真, 对传送策略的优化提供依据; 进行 GNS 与栅格环境集成技术研究, 针对多个异构网络的 GNS 进行研究等。

参考文献:

- [1] Christodouloupoulos K, Doulamis N, Varvarigos E M. Joint Communication and Computation Task Scheduling in Grids [C]//Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID'08). Lyou: IEEE, 2008: 17-25.
- [2] 任勇毛, 唐海娜, 李俊, 等. 支持网络应用的光网络控制和管理[J]. 软件学报, 2008, 19(6): 1481-1490.
Ren Yongmao, Tang Hainan, Li Jun, et al. Optical Network Control and Management for Grid Applications[J]. Journal of Software, 2008, 19(6): 1481-1490.
- [3] Chen Fu, Yang Jiahai, Yang Yang. Topology Discovery Service Research in Grid Environments [C]//Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA 2008). Chongqing: IEEE, 2008: 2104-2109.
- [4] 王伟, 蔡皖东, 李勇军. 基于网络断层扫描的网络网络性能测量分析[J]. 计算机科学, 2007, 34(5): 45-47.
Wang Wei, Cai Wandong, Li Yongjun. Analysis of the Grid Network Performance Measurement Based on Network Tomography[J]. Computer Science, 2007, 34(5): 45-47.
- [5] Travostino F, Mambretti J, Karmous-Edwards G. Grid Networks: Enabling Grids with Advanced Communication Technology [M]. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [6] 桂劲松, 陈志刚, 邓晓衡, 等. 一种改进 UCONC 的服务网格授权决策模型[J]. 西安电子科技大学学报, 2008, 35(3): 546-553.
Gui Jinsong, Chen Zhigang, Deng Xiaoheng, et al. Improved UCONC Authorization Decision Model for the Service Grid [J]. Journal of Xidian University, 2008, 35(3): 546-553.

(编辑: 齐淑娟)