

doi: 10.7690/bgzd.2015.01.015

基于云计算技术的一体化网络资源管理方法

季青^{1,2}, 杨扬¹, 孟坤³, 王强², 张诗雅²

(1. 北京科技大学计算机与通信工程学院, 北京 100083; 2. 北京特种机电技术研究所第七研究室, 北京 100012;
3. 北京信息科技大学计算机系, 北京 100084)

摘要: 为适应我军栅格化信息网络对各兵种异构通信网络资源融合发展的新需求, 通过对军用指挥通信网络和军事栅格化信息网络资源管理现状分析, 运用云计算虚拟化、组件封装等技术, 构建“网络即服务”的资源池, 提出了一种“网络即服务”的网络资源管理架构, 此架构使资源管理与网络结构松耦合, 提高了异构网络环境下, 网络资源的可扩展性与柔性管理能力。

关键词: 云计算; 一体化; 资源管理

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

The Integration of Network Resource Management Method Based on Cloud Computing Technology

Ji Qing^{1,2}, Yang Yang¹, Meng Kun³, Wang Qiang², Zhang Shiya²

(1. School of Computer & Communication Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China;
2. No. 7 Research Room, Beijing Institute of Special Electromechanical Technology, Beijing 100012, China;
3. Computer School, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100084, China)

Abstract: To satisfy our army new demands for the integration of heterogeneous networks among all arms based on grid information network, through analyzing management status of military command communication network and military grid information network resource in this paper, use cloud computing virtualization and groupware encapsulation technology, establish “network is service” resource pool, put forward “network is service” network resource management framework. The framework makes a loose coupling structure between resource management and network topology, and it promotes the scalability and flexible management capacity of network resources under heterogeneous networks.

Keywords: cloud computing; integration; resource management

0 引言

美军在“网络中心战”概念的基础上, 结合“信息优势”、“决策优势”的关键作用, 提出了代表互联网第三代发展方向的全球信息栅格系统 GIG^[1]。在 GIG 的体系结构下, 信息网络更加强调网络基础资源对上层应用的支持作用, 因此, 网络资源管理成为栅格化通信网络的关键性技术^[2]。跟踪美军 GIG 的发展方向, 我军已明确提出建设以各军兵种指挥网络、综合信息网为主要业务网系, 以卫星、无线电台、光缆为通信手段的天空地一体化、需求宽带化、资源共享化的信息基础栅格化网络。笔者通过对目前我军军用指挥通信网络和军事栅格化信息网络的资源管理现状分析, 运用云计算相关技术, 开展了基于一体化网络资源管理的方法研究。

1 军用指挥通信网络资源管理现状分析

1.1 军用指挥通信网络资源管理现状

通信网络资源从广义上分为网络的物理资源和逻辑资源^[3]。从物理角度看, 军用指挥通信网络资源主要包括网络通信控制器、各型各类无线电台以及互联网网关设备等; 从逻辑角度是各通信子网的频率、时隙、速率、功率、协议、拓扑结构以及各类表网号、端口号等。

网络资源管理的方式是基于传统网络树状拓扑结构, 采用上级网管至本级网管至节点(终端)管理的集中控制、分级分布式管理策略。一级网管实现对全网的集中控制管理, 体现集中的特点; 二级网管负责本节点设备的管理和维护。每级具有独立完成本级通信网络规划与网络资源管理的能力。

收稿日期: 2014-08-30; 修回日期: 2014-10-24

基金项目: 国家自然科学基金“面向下一代互联网的网络服务建模基础理论研究”(61170209); 互联云环境下面向数据中心的服务资源分配与调度机制研究(61472033); 新世纪优秀人才引进计划(NCET-13-0676)

作者简介: 季青(1978—), 女, 江苏人, 硕士, 工程师, 从事云计算网络资源调度与优化研究。

网络资源管理的内容为网络资源规划、网络开设和网络资源监测。各级网管中心根据作战使用方案对本级网络内的频率、地址、设备等资源进行统筹规划，制定资源分配与规划方案，并根据网络规划后形成的参数类型来人工/半自动配置所需参数。在网络开通后，网络资源管理系统对全网拓扑结构、链路和节点负载情况等资源进行控制和状态监测，通过通知功能完成所管设备的状态通报，通过 UDP/IP 网口协议和 SLIP 串口协议进行各网管间信息交互。

1.2 军用指挥网络资源管理面临的挑战

这种基于传统网络的资源管理方法实现了分级分域的资源管理策略，但是相对于栅格化网络高效的一体化交换平台、扁平化发展的网络结构，其网络资源的共享与利用面临着一定的挑战。

首先，传统网络资源管理措施主要靠人工进行单设备和系统的操作维护管理，各设备或各子网运行各自的通信协议，子网间信息交换需要大量的人工操作。如：在新作战任务下达前，各级网络管理要按照预先的约定对本级网络的被管理设备种类、数量、传输速率、频率资源、网络带宽、时隙分配等参数进行设置。由于需要配置的参数较多，容易引起参数配置错误，而配置错误是导致网络中断和异常的最重要原因^[4]。

其次，系统没有网络参数自动分发与配置更新功能，需要人工或半自动分发与加载，网络资源的可扩展性差，在战场环境发生改变、网络规模发生变化或网络进行重组时，网络资源不能进行自适应调整，即：一旦为某个子网设备分配了网络资源，无论该设备是否留在网内，其他设备都不能使用其网络资源，在新的设备需要临时入网时，如果没有事先分配到网络资源，就不能与网内其他用户进行网内信息交互与共享，造成有限网络资源的浪费。

最后，这种分级分域的资源管理方法并不区分业务类型，因此无法根据业务 (quality of service, QoS) 需求对业务进行不同类型的传输保障，当业务量过大时，可能会出现部分资源所承载的业务量过重，而部分资源处于空闲状态的不平衡局面，导致网络系统性能的下降。

2 军事栅格化信息网络的资源管理策略

军事信息化栅格网络在不改变原来通信网络结

构与体制的基础上，将各种业务类型与传输标准的异构专用网络集成。针对底层网络拓扑状态，采用基于资源整合的虚拟化技术，实现“一网四域”的资源共享管理，具体体现在物理层面上一张网络实施承载，上层 3 个逻辑网运行具体的业务，实施各通信子网连接状态、交换路由、流量等监视控制管理，达到网络拓扑透明、统一计算流量分布和统一网络资源配置。

2.1 网络资源管理架构

军事栅格化信息网络的资源控制策略体现在运维支撑系统的资源管理与调度模块。随着通信装备与栅格技术的发展需求，承载网络带宽得到大幅提升。因此，在资源管理方法上，采用了基于全 IP 技术，以集中控制为主、分布式管理为辅的分级分域资源控制策略，将网络资源统一分为网元级和网络运维级 2 个层次进行管理。

网元级为网络重要核心节点，如：通信业务控制系统、智能通信业务系统、资源策略控制系统以及核心承载层的网络路由器、网络交换机等设备，在网络层与下面的各个通信处理单元间起承上启下作用，负责处理网络层操作系统与其他各个网元间交换的管理信息，并以集合的方式控制和协调下级网元子集。网络运维级主要是针对底层网络拓扑状态，采用基于资源整合的虚拟化技术，实现“一网四域”的资源共享管理(见图 1)，具体体现为物理层面上一张网络实施承载，上层 3 个逻辑网运行具体的业务，达到网络拓扑透明、统一计算流量分布和统一网络资源配置，并力争在局部范围内实现网络资源负载的最优。

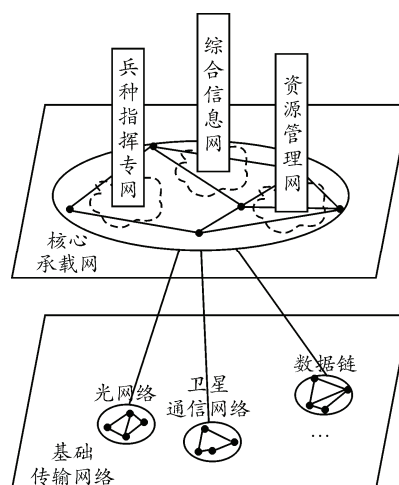


图 1 军事栅格化网络资源管理平台

2.2 业务分级的资源管理模式

由于带宽资源相对充裕，军事栅格化信息网改变了传统的通信网络，对上层业务类型不加以区分，业务在网内的传输采用先到先得的网络资源占用方法，允许用户在申请网络资源时，对业务优先级进行人工参数设置，运用资源预留协议(RSVP)在网络节点预留报文的 IP 目的地址，确保经过路由协议选择所转发的数据包 QoS；运用多协议标签交换技术(MPLS)使用短而定长的标签(label)对报文封装分组，实现在数据平面实现快速转发，使业务接入控制与路由选择相结合，针对不同业务类型提供不同的 QoS 需求保障。具体的网络资源管理与控制流程如 2 图所示。

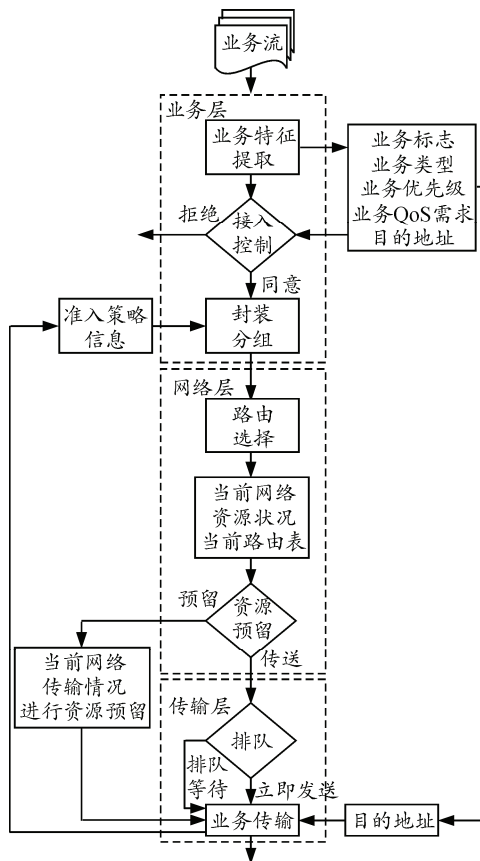


图 2 栅格化信息网络资源管理流程

由此可见，军事栅格化信息网一方面通过在网络上层对网络资源实现全局的管理和控制，另一方面运用核心承载网屏蔽底层异构网络结构与资源的差异，较基于传统的通信网络资源管理策略增加了跨层间的 QoS 保障，资源预留等资源管理技术，增加了层间协作，实现了网络资源的跨层融合管理。由于继续采用了与指挥关系紧密耦合的树状层级式资源管理结构，故其网络资源的柔性调度能力有待

进一步提高。

3 基于云计算技术的网络资源管理架构

随着各类异构网络的融合发展之势，网络资源呈现出多样化、复杂化等特点^[5]，传统的资源静态分配、负载静态管理，应用与基础设施紧耦合的资源管理方式已经不能适应一体化网络资源管理的新要求。为解决网络资源的最优化配置问题，笔者基于“一切皆服务”的云计算理念，提出了一种“网络即服务”（或“通信即服务”）的网络资源管理架构，目的在于运用资源虚拟化、组件封装等云计算技术实现一体化异构网络资源的融合管理。

“网络即服务”的资源管理架构从上到下依次被划分为 3 个层次：网络接入平台层、资源表示层和网络基础设施层。其中，网络基础设施层由超短波电台网、高速数传网、战术互联网骨干网、数据链等异构网络组成，是整个网络进行传输的组成基础，负责各类用户的网络接入。资源表示层作为核心部分连接网络接入层和基础设施层，通过虚拟化技术和中间件技术将物理网络资源抽象成可承载、可管理、可调度的逻辑资源，并汇聚形成网络资源池。区别于传统的与网络结构绑定紧密、树状层级式的资源管理方法，该架构通过对资源池内的资源实施统一的管理与调度，使资源管理与网络结构松耦合，提高了网络资源可扩展性与柔性管理能力。如图 3。

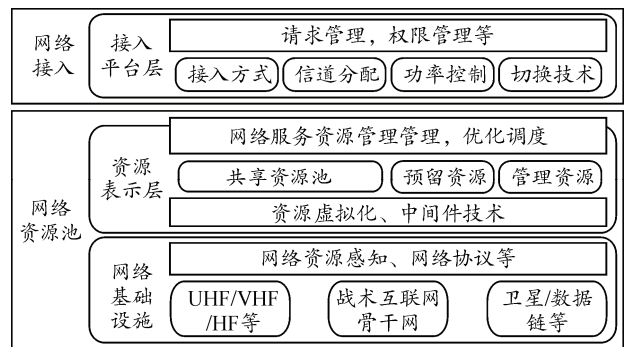


图 3 “网络即服务”的资源管理架构

4 “网络即服务”的资源池构建方法

资源池化是云计算的核心概念^[6]，一体化网络资源池动态融合了各个通信子网的网络资源，通过跨网、跨层的资源优化组合，为不同业务需求的用户提供更高效的 QoS 保障要求。从根本上说，网络资源池提供的是一种跨平台互操作能力，统一分配目标，为多样化业务提供底层平台支撑。本节重点

从资源虚拟化技术、网络资源的模块化封装和资源的分类与监测3个角度构建网络资源池,描述基于云计算技术的一体化网络资源管理方法。

4.1 网络资源虚拟化

网络资源的虚拟化是对传输链路、网络节点、网络架构等物理资源和逻辑资源进行全面虚拟化^[7],在共享底层的异构物理资源的基础上,构建出多个共存但相互隔离的逻辑网络,形成一体化网络资源池,使物理网络能够根据动态变化的虚拟资源请求,向上层提供无差别的通信服务资源模块,为实施高效的通信传输策略提供基础。

如图4,在逻辑虚拟网络可看作为逻辑上的共享资源池,是一系列基于虚拟链路相互连接的虚拟节点的集合,本质上可以看作是底层物理拓扑的一个抽象子集。每个虚拟节点托管在一个特别的物理节点上,而一条虚拟链路跨越物理网络中的一条链路,并且包含了该链路上的一部分资源。逻辑虚拟网络提供统一的服务应用与管理,聚合的底层物理资源可以具有多个通信协议与不同的传输标准。通过选择自定义数据包格式、路由协议、转发机制以及管理和控制功能,实现端到端服务。

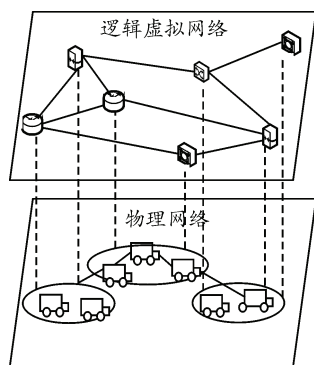


图4 网络资源映射关系

在针对逻辑虚拟网的资源调度过程中,由于在资源池中,服务是以切片(slice)的形式存在,一个服务即对应一个切片^[8],因此,先将资源池中的资源以切片的形式分配;其次对功能相近的服务进行聚合(aggregate);最后将一系列的服务资源以组件(component)^[9-10]的形式进行封装,以封装的通信服务模块间动态按需组合为上层业务提供服务。

4.2 网络资源组件封装

为提高资源利用率,有效屏蔽网络资源异构性

特征,实现快速灵活组织资源,需要对资源进行服务化封装集成。资源的组件封装是在虚拟化技术的支持下,通过选取恰当的协议构建通信服务模块,供上层业务调用并提供通信支持^[11]。

封装技术要满足网络资源的多样性与动态变化,采用统一的描述机制,将各式各样的网络资源抽象为统一规范的服务,同时对上层提供对应的操作接口,进而根据一定规则的业务需求构造相应的通信组件供上层业务调用。在进行网络资源封装时要重点考虑以下问题:

- 1) 网络资源的封装要满足网络资源动态性与多样性的特点,封装后共享服务资源的数量和可用性能够随着环境的变化而动态变化;
- 2) 网络资源由于体制与标准、格式种类较多,具有异构性特征,在进行资源封装描述时采用统一的资源描述机制;
- 3) 资源的封装不仅是对资源的某功能模块或者单一网络资源进行封装,需对网络资源进行统一的分类,达到资源的集成应用和协同工作的效果;
- 4) 组件封装的设计和构造应按照所承载业务的类别和使用频率选建,封装的组件需明确可支持的业务类型和可提供的通信服务能力等必要信息。

4.3 网络资源监测与更新

由于网络拓扑、节点状态、链路的可用率等网络资源都不稳定,资源的初始分配往往很难达到最优的配置布局,因此需要提供恰当的管理手段实时监控资源的运行并支持资源的适应性更新。探测机制方面可以采用主动探测和被动检测的方法进行资源的监测与获取^[12],主动探测是主动向网络服务器发送承载报文,通过探测所传信息的相应传递需求、性能参数等指标计算得出所需调用的网络资源;被动探测通过在网络特定位置安放探针,记录和汇总某链路上的流量信息分析得出可用网络带宽。如果监测到网络状态的异常情况,则对资源池内组件资源进行更新,在资源更新过程中,由于网络资源在各层表现形式不同,资源池中资源的表现形式也对应着相应的表现形式,因此,网络资源应在各层次做相应的变化。为及时反映资源状态,系统应采取措施保证对资源信息的及时采集和汇总,并在确认的情况下及时更新其发布情况。资源监测与更新流程如图5所示。

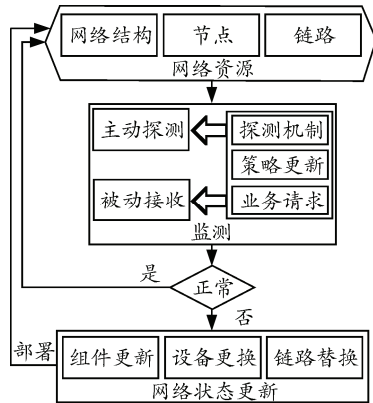


图 5 网络资源监测与更新流程

5 结束语

笔者在深入探讨军用指挥通信网络资源管理现状和军事栅格化信息网络资源管理与控制策略的基础之上,提出一种“通信即服务”(或“网络即服务”)的网络资源管理架构,运用资源虚拟化、组件封装等云计算技术实现一体化资源融合管理,使网络资源变得透明化,实现了网络资源的扁平化管理。其资源管理架构与网络中心战提出的“扁平化”网络结构耦合。该研究支持资源的按需柔性组合等新需求,充分满足异构网络环境下网络资源的无缝融合。未来,基于有限带宽或次健壮网络的资源管理优化是进一步深入研究的方向。

参考文献:

[1] 张培珍, 杨根源, 马良, 等. 美军全球信息栅格结构研究[J]. 兵工自动化, 2009, 28(10): 65-68.
 [2] 吴姗姗. 面向信息栅格的异构资源通用管理机制[J]. 指

挥信息系统与技术, 2012, 3(2): 32-37.
 [3] 李冰. 云计算环境下动态资源管理关键技术研究[D]. Thesis, 2012.
 [4] 李硕, 黄宁, 李瑞莹, 等. 通信网络服务可靠性参数分析[J]. 系统工程与电子技术, 2012, 34(9): 1946-1950.
 [5] 文娟, 盛敏, 张琰. 异构认知网络环境下的动态分级资源管理方法[J]. 通信学报, 2012, 33(1): 107-113.
 [6] 雷葆华. 云计算解码: 技术架构和产业运营[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 78-80.
 [7] Wang Anjing, Iyer Mohan, Dutta Rudra. Network Virtualization: Technologies[J]. Perspectives, and Frontiers. 2013, 31(4): 523-537.
 [8] Shiguang Deng, Longtao Huang, Wei Tan. Top-K Automatic Service Composition: A Parallel Method for Large-Scale Service Sets[J]. Automation Science and Engineering, IEEE Transactions on, 2014, 11(3): 891-905.
 [9] Peterson L, Wroclawski J. Overview of the GENI architecture[D]. GENI Design Document GDD-06-11, GENI: Global Environment for Network Innovations, 2007: 107-111.
 [10] Lin F C, Chung L K, Ku W Y, et al. Service Component Architecture for Geographic Information System in Cloud Computing Infrastructure[C]//Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2013 IEEE 27th International Conference on. IEEE, 2013: 368-373.
 [11] Nguyen D K, Lelli F, Papazoglou M P, et al. Issue in automatic combination of cloud services[C]//Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA), 2012 IEEE 10th International Symposium on. IEEE, 2012: 487-493.
 [12] Ding J, Wu B, Ding T, et al. The case study on service encapsulation for web-based application system[C]// Computer Science & Service System (CSSS), 2012 International Conference on. IEEE, 2012: 1484-1487.