



专题:未来网络体系结构及关键技术

未来网络动态自适应管理探讨

李文璟

(北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室 北京 100876)

摘 要:介绍了未来网络与网络虚拟化对网络管理提出的新需求,阐述了网络虚拟化环境下的网络管理方式,明确了动态自适应管理是未来网络管理的方向,提出了未来网络动态自适应管理的3个研究方面:信息感知、资源管理和跨网协商,分析了3个方面的研究内容和后续研究方向。

关键词:未来网络;动态自适应管理;信息感知;资源管理;跨网协商

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.08.005

Discussion on Dynamic Self-Adapting Management for Future Network

Li Wenjing

(State Key Laboratory of Networking and Switching, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: The new requirements for network management introduced by future network and virtual network environment were described. The network management mode under the network virtualization environment was discussed, and it was clarified that the dynamic self-adapting management was the direction of the future network management. Three research aspects of dynamic self-adapting management were proposed: information perception, resource management and across-network negotiation, and the research contents were analyzed.

Key words: future network, dynamic self-adapting management, information perception, resource management, across-network negotiation

1 未来网络与虚拟化对网络管理提出的挑战

传统IP网络在设计之初遵循的是“核心简单、边缘智能、尽力而为”模式,但随着越来越多的应用在基于IP的网络(包括互联网、下一代网、移动通信网)上提供,对IP网络提出了许多挑战 and 新的需求,如编址机制、服务质量和性能、可靠性、可扩展性、安全性以及对永远在线类业务应用的支持等。同时,随着新技术的不断涌现,网络资源趋向虚拟化,业务提供逐渐转向用“云”的方式提供。传统的以IP及相应编址路由机制为核心的互联网基础架构越来越不堪重负,基于互

联网体系架构的网络可持续发展面临着严峻的挑战^[1]。

面对当前基于IP的网络所面临的问题,欧美及亚洲各国和地区都纷纷开展了针对未来网络的研究。如美国科学基金会(NSF)分别于2006年和2007年启动的FIND(未来互联网设计)^[2]和GENI(全球网络创新环境)^[3]等项目;欧盟第七框架计划(FP7)设立的FIRE(未来互联网研究和实验)^[4]、4WARD(下一代互联网架构)^[5]等研究未来网络体系结构和相应解决方案的多个项目;日本信息与通信技术国家研究院(NICT)提出的AKARI(星星之火)项目^[6];韩国电子与通信研究院(ETRI)和5所大学联合进行的FIRST(未来互联网试验床研究)项目^[7]等。

通过上述各类研究计划的支持,研究者们提出了各自对未来网络的构想和解决方案,并完成了各种网络实验。由此对未来网络提出了许多具体的目标,如服务多样性、功能灵活性、管理自主化、移动性、自优化、节能等,同时未来网络应提供种类繁多的应用、业务和网络架构等。虽然现阶段尚未对未来网络的具体技术形态形成统一的共识,但网络虚拟化作为未来网络的基本特征之一,已得到全球各组织的认可。复杂多样的网络架构和解决方案的基础是网络虚拟化,网络虚拟化是支持上述能力的一项关键性技术。网络虚拟化有助于在共享的物理网络基础设施上创建在逻辑上分离的虚拟网络,以便使多个异质虚拟网络能够同时在同一基础设施上共存,在互不干扰的情况下使用不同的网络技术,从而实现物理资源的最佳利用。

在网络虚拟化环境下,未来网络将是一个规模庞大的异构复杂网络,物理网络与虚拟网络共存,网络体系结构具有多样性,虚拟网络间高度隔离,虚拟网络拓扑具有时变性,服务和网络的状态按需动态变化等。这些新的特性都要求未来网络的可感知和可管理能力更强,对传统的集中式和外挂式网络管理提出了新的需求,如资源映射、资源动态调度等,因此需要提出新的网络管理方法,以便经济高效地对未来网络进行操作维护和管理,减少运维开销,提升其强健性和安全性。目前国际上各组织都开展了对未来网络测量和管理的研究。美国 FIND 计划在其官方报告中指出:“当前互联网的网络管理在体系结构上有缺陷,并且目前的权益之计是远远不够的”^[2],因此,FIND 计划安排了多项与管理相关的课题,如 CONMan、Maestro、manageability 等^[8-10];美国 GENI 项目提出了未来网络的管理所面临的挑战,包括能够实现对故障的智能诊断等;而欧盟的 FP7 也设置了多项与管理相关的课题,如 AutoI、EMAN-ICS^[11,12]等。

现有互联网的网络管理不能直接移植到未来网络中,首先从管理架构和功能方面来说,当前的互联网通过一个独立的管理系统进行集中管理,其主要功能是监测和分析,对变化的网络条件反应迟缓,基本上无管控功能;从管理技术方面,其基本上采用原始的直觉方法,没有进行抽象化和模型化,缺乏基本的模型,其网络管理水平远低于电信级水平^[13];从管理能力方面,网络管理不关心网络所提供的业务,QoS 机制也存在缺陷。而未来网络要求能够动态调度网络资源,以便实现对业务进行快速部署和调整,这对网络的管控能力提出了新的要求,与传统网络管理相比,对于未来网络的管理,其管理方式和管理内容都发生了变化。

2 未来网络动态自适应管理方式

未来网络的显著特征是虚拟化,由于虚拟资源和虚拟网络的引入以及由此而引出的资源分配、映射、调度、重配置优化等工作,使得未来网络与传统网络的运行方式有着巨大的差异,给传统的网络管理思路带来了挑战。传统部署在被管网络之外的、被动收集各类数据然后对数据进行处理分析的管理系统和管理方式已经不再满足未来网络的需求,需要新的网络管理方法,以便经济高效地对未来网络进行操作维护和管理。

未来网络管理的两个重要特征是动态管理和自适应管理,即根据应用需求和网络具体状态,同时在少有人干预的情况下实现对网络的动态调整和管理。为适应未来网络的虚拟化特征,在网络虚拟化的整个生命周期过程中都会涉及相应的网络管理功能。

图 1 中所示流程为一个虚拟网络从客户提出业务请求到建立虚拟网络实例再到虚拟网络注销的整个生命周期过程。从图中可知,在生命周期的每一段,都涉及对各类资源的监测和管理(方框中所示)。未来网络的管理方式不再是通过一个独立于网络的设备对网络进行被动管理,而是作为逻辑功能贯穿在网络虚拟化的生命周期过程中进行主动动态自适应管理,即管理已经融入未来网络的运行过程中。

3 未来网络动态自适应管理的研究内容

未来网络的管理主要包括信息感知、资源管理和跨网协商等研究内容。

3.1 信息感知

信息感知将为实现未来网络的动态自适应管理提供信息支撑。在未来网络复杂上下文感知环境下,信息感知的技术难点在于如何实现实时感知、准确感知以及跨层感知信息间的有效关联。基于未来网络的虚拟化与分层隔离特性,首先需要研究各层所能感知的各类信息,确定各层感知信息的建模方法,并提出跨层感知信息间的映射关系模型,为感知机制的确定提供基本前提。

感知信息可按照如下角度进行分类。

- 从网络应用服务层角度:包括未来网络环境下的业务类型和特点信息,业务需求信息(如所需节点数、处理能力、链路带宽、拓扑需求等),业务需求的预测信息(如根据流量或应用特性对节点数和带宽需求变化的预测等)等。

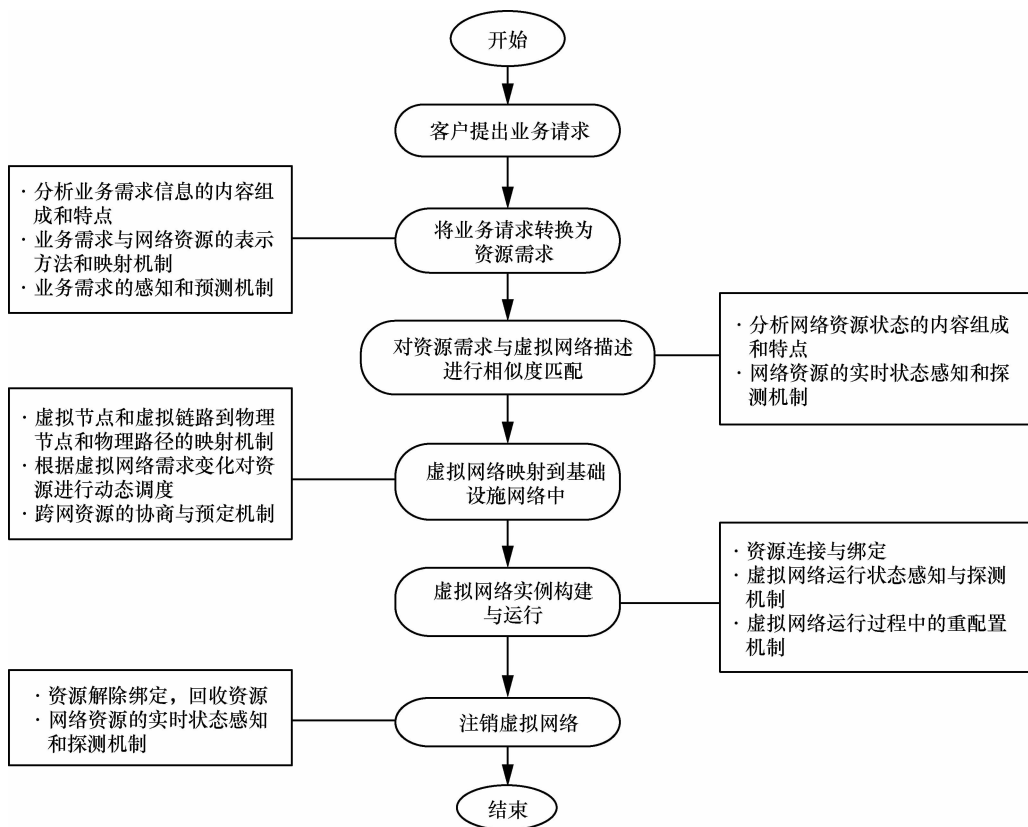


图1 网络虚拟化生命周期过程及相应管理功能

- 从虚拟网络层角度:包括虚拟网络配置信息(如虚拟节点配置、虚拟链路配置、虚拟网拓扑结构等)、虚拟网络运行状态信息以及虚拟网络告警信息等。
- 从网络基础设施层角度:一方面包括各类物理设备的配置信息、各类物理设备的性能信息以及各类物理设备的告警信息等,另一方面包括物理网络配置信息、物理网络运行状态信息等。

从层间关系角度:网络虚拟化环境下,各层信息之间存在复杂的映射关系,对各层信息进行全面准确智能映射是后续故障诊断和资源管理的基础,因此在确定各层信息模型之后,研究跨层信息之间的映射关系模型也是未来网络管理的重要研究内容之一。信息模型一般采用面向对象方式进行建模,该方法与具体的实现技术无关,如图2所示为未来网络基本管理对象的信息模型,包括管理域信息、网络拓扑信息、节点信息、链路/路径信息、端口信息以及它们之间的基本关系。在此基础上,还需扩充细化未来网络的各类感知信息及其关联关系信息。

3.2 资源管理

未来网络的资源管理包括两方面:一方面是虚拟网络

创建时的初始资源分配,另一方面是虚拟网络运行过程中的资源动态调度。

3.2.1 初始资源分配

当底层网络接收到一个创建虚拟网络的资源分配请求时,需要使用资源分配算法,为虚拟网络分配资源,即虚拟网初始资源分配,也被称为虚拟网资源映射,虚拟网初始资源分配由节点资源分配和链路资源分配两部分构成。

当前对初始资源分配的研究较多,已经取得了一些重要的研究成果^[15-18]。但是,已有的研究成果主要集中于解决如何在静态资源分配时提高底层网络资源利用率的问题上,没有考虑在虚拟网络运行过程中动态调整资源的问题。

3.2.2 资源动态调度

网络资源的动态调度是实现未来网络动态自适应管理的重要手段。在未来网络业务层出不穷且客户需求动态变化的情形下,应用需求的动态变化将导致初始资源映射结果无法满足新的应用需求,另一方面基础设施网络环境也在动态变化过程中,初始的资源映射已经不适应网络的运行现状,因此需要对网络资源进行动态调度和重配置,以便实现业务的快速部署、调整和管理。



间的关系来设置合理重配置时机,克服周期性重配置带来的虚拟网络配置次数增加、配置开销增大等问题;最后,还需要研究基于预测的资源重分配算法,确保从资源重配置花费和虚拟网资源请求接收率方面都能得到显著提高。

3.3 跨网协商

随着未来网络规模的扩大,提供网络资源(包括物理资源和虚拟资源)的供应商也越来越多,各自在网络上使用的网络技术及协议更加多元化,在网络上提供的服务也更加专业化,由此形成不同的管理域。一个应用或服务可能会依赖多个管理域提供的资源或服务来实现。一般来说,在应用需求中会给出配置说明和性能要求等信息,典型的节点要求包括 CPU 的容量、队列规模、最大修复平均时间(MTTR)等;链路要求包括带宽阈值、时延、分组丢失率等;性能要求包括端到端通信时延、端到端平均抖动、网络可用性的最小值等,这些应用需求可能需要跨不同管理域的多个供应商来支持,需要进行跨域的资源协商。因此从大规模跨网的环境特点出发,未来网络管理领域需要研究网络虚拟化环境下的跨网资源协商与调度方法。

为解决跨不同管理域的异构环境下资源调度问题,需要设计不同管理域内虚拟网络提供商之间对跨管理域资源需求的协商机制,以实现邻居网络的通信链路、路由、资源和服务质量的协商,实现当出现对资源的竞争或协作时,双方都能得到较高的效用,减少社会资源的浪费。

网络虚拟化环境下,虚拟网络的生成需要网络基础设施层通过可编程接口为不同的虚拟网络提供资源。不同的网络基础设施层提供资源的覆盖范围、数量和质量不同,对资源需求的分配策略、分配机制也不同。如图 3 所示,有两个管理域 A 和 B,其内可以部署相同的或不同的网络操作系统,并且有各自的虚拟网络生成平台。

跨域的资源调度通过域间协商模块来进行域间通信与策略协商。

为支持跨网资源协商,有两种资源协商机制。

- 一种是集中式跨域资源协商机制,即管理平面根据自身的感知信息和协商算法,分别向不同管理域内的域间协商模块发出协商指令,控制完成域间协商过程,并最终确定协商结果。如图 4 所示,管理平面向不同管理域内的跨域协商模块发出创建虚拟网络的协商指令,指令中携带需要创建的虚拟网信息;各跨域协商模块接收协商指令,在经过处理后返回协商响应,响应中携带该管理域可以支持的虚拟网信息(可能是协商指令中指定的虚拟网的子集);经过多次协商后得到各个管理域可支持的虚拟子网信息,最后通过虚拟网创建指令完成虚拟网的创建工作。

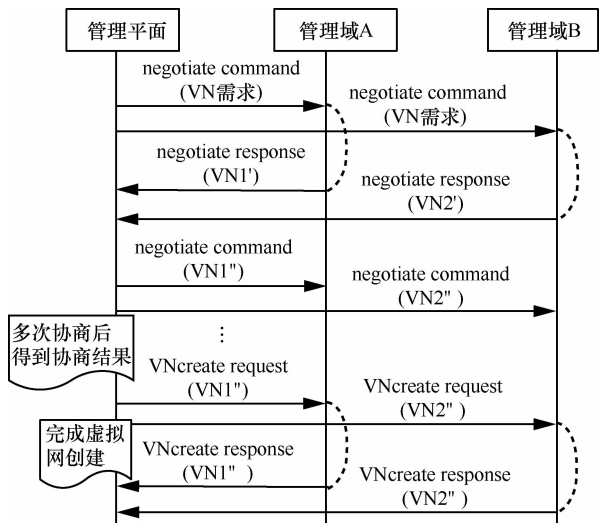


图 4 集中式跨域资源协商过程示意

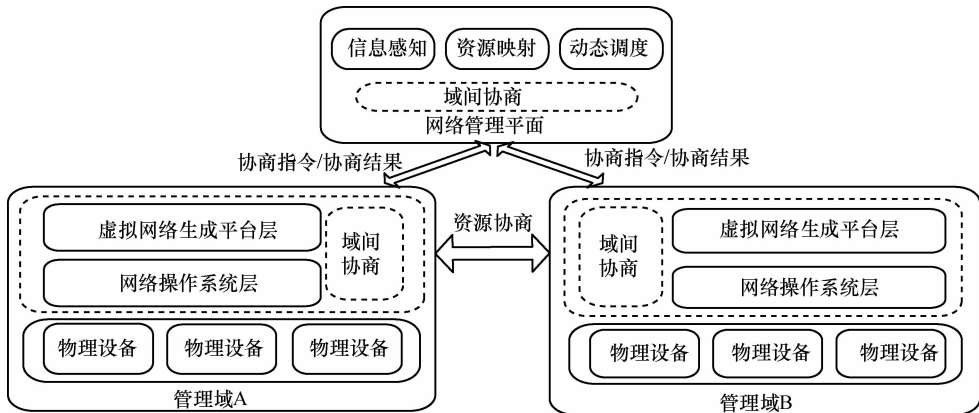


图 3 跨网资源协商示意

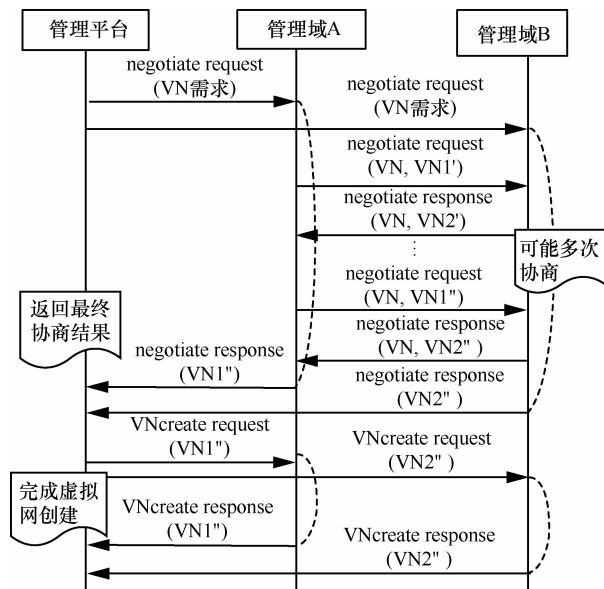


图5 分布式域间协商过程示意

另一种是分布式域间协商机制,即管理平面分别向不同管理域内的域间协商模块发出协商请求,不同管理域内的域间协商模块之间自主完成协商过程,并将最终的协商结果告知管理平面。如图5所示,分布式协商机制中,管理平面向不同管理域内的跨域协商模块发出创建虚拟网络的协商请求,请求中携带需要创建的虚拟网信息;各跨域协商模块接收协商请求,然后相互之间进行虚拟网络资源的协商,经过多次协商后最终向管理平面返回协商响应信息,在响应信息中携带了各子域模块协商后的可支持的虚拟子网的信息。

因此跨域资源的协商策略、协商内容和协商过程是未来网络管理研究的主要内容之一,通过调用跨域协商模块提供的接口实现资源协商,形成完整有效的自主跨域协商机制。

4 结束语

未来网络管理是未来网络研究工作的重点和基础。动态自适应的网络管理方案设计是未来网络研究的目标之一,体现了可控、可管的未来网络设计理念。

参考文献

- 1 中国通信标准化协会研究报告. 未来网络发展目标及关键技术研究, 2013
- 2 Future internet network design(FIND). <http://www.nets-find.net/>

- 3 Global environment for network investigation (GENI). <http://www.geni.net/>
- 4 Future internet research and experimentation (FIRE). <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire>
- 5 4WARD. <http://www.4ward-project.eu/>
- 6 AKARI. <http://akari-project.nict.go.jp/eng/index2.html/>
- 7 Future internet research for sustainable testbed (FIRST). Proceedings of APAN Meeting, Kuala Lumpur, 2009
- 8 CONMan. [http://www.nets-find.net/Funded/Towards Complexity](http://www.nets-find.net/Funded/Towards%20Complexity)
- 9 Maestro. <http://www.nets-find.net/Funded/Maestro>
- 10 Manageability. <http://www.nets-find.net/Funded/Manageability>
- 11 Autonomic internet(AUTOI). <http://ist-autoi.eu/autoi/>, 2008
- 12 European management of internet and complex service (EMAN-ICS). <http://www.emanics.org/>
- 13 孟洛明, 谢高岗, 邱雪松等. IP网可测可控可管的研究现状和若干重要发展趋势. 通信学报, 2008(12):96~101
- 14 Chowdhury N M, Boutaba R. A survey of network virtualization. Elsevier Computer Networks, 2010, 54(5): 862~876
- 15 Zhu Y, Ammar M. Algorithms for assigning substrate network resources to virtual network components. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), Barcelona, Spain, 2006:23~29
- 16 Chowdhury N M M K, Rahman M R, Boutaba R. Virtual network embedding with coordinated node and link mapping. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM), Rio de Janeiro, Brazil, 2009:19~25
- 17 Marquezan C C, Granville L Z, Nunzi G, et al. Distributed autonomic resource management for network virtualization. Proceedings of the IEEE Network Operations and Allocation Symposium (NOMS), Osaka, Japan, 2010:19~23
- 18 Houidi I, Louati W, Zeghiache D. A distributed virtual network mapping algorithm. Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC) 2008, Beijing, China, 2008

[作者简介]



李文璟,女,北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室网络管理研究中心主任、副教授、硕士生导师,主要研究方向为网络管理与通信软件。

(收稿日期:2013-07-20)