

学校编码: 10384
学 号: X2007221020

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

工程硕士学位论文

支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化园区网

部署研究

Study on the Deployment of Virtual Campus Network

Supporting IPv4/IPv6 Dual Stack

潘竹虹

指导教师姓名: 倪子伟 副教授

专 业 名 称: 计 算 机 技 术

论文提交日期: 2013 年 7 月

论文答辩时间: 2013 年 8 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2013 年 8 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘 要

虚拟化技术是当前IT技术领域的关注焦点，采用虚拟化来优化IT架构，提升IT系统运行效率是当前技术发展的方向。虚拟化技术一直在不断发展，其领域已经不再仅限于服务器，对基础物理网络和基础设施进行变更，以适应虚拟化应用的网络虚拟化的需求越来越迫切。而随下一代互联网技术应用的普及，网络虚拟化对IPv4到IPv6的过渡支持也成为网络基础建设中的难点。

本文详细介绍了当前流行的部分网络虚拟化技术原理，着重介绍了 MPLS、6PE 和 6VPE 在控制层面与转发层面的实现机制，并在此基础上对 6PE 和 6VPE 两种技术的异同点进行了分析和对比。在实验环境下对不同技术进行分析测试及应用对比，评估混合部署风险，并基于厦门大学校园网，在实际生产网络上进行了支持 IPv4/IPv6 双栈的多厂商异构的虚拟园区网的应用部署验证。最后分析研究了不同虚拟化技术在实际应用中的局限及缺陷，并展望了虚拟化基础网络技术的未来研究方向。

目前国内关于 6VPE、VSS 等多种虚拟化技术的混合部署案例较少。本文在部署支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化园区网中所发现的各种问题、解决方法以及最终在生产网络成功部署的相关经验，对于中国下一代互联网的研究以及将来 IPv6 的可商用具有较好的示范作用和研究参考价值。

关键词： 6VPE；双栈；虚拟化

ASBTRACT

Virtualization technology is the focus of IT technology currently. Using virtualization to optimize IT infrastructure and improve operational efficiency of IT systems is the direction of technology development. With the development of virtualization technology, it's no longer limited to the field of server. The transformation of the network to meet the needs of virtualized applications becomes more and more urgent. With the popularity of next-generation internet technology, how to support the transition from IPv4 to IPv6 becomes technical difficulties of network construction.

This paper introduced the current popular network virtualization technology, highlighting MPLS, 6PE and 6VPE in the control plane and forwarding plane. Similarities and differences between 6PE and 6VPE are analyzed and compared. We tested and contrasted several different virtualization technologies such as VSS, VDC, IRF, 6VPE, and assessed the risk of a hybrid deployment. Based on Xiamen University Campus Network, a multi-vendor virtual campus network supporting IPv4/IPv6 dual stack is deployed. Finally, the limitations and defects of the different virtualizations in practical applications are analyzed, and the future of Network virtualization technology development is prospected.

Currently, hybrid deployment of virtualization technology such as 6VPE and VSS had fewer cases. The success of the deployment of virtual campus network supporting IPv4/IPv6 dual stack in this paper has a good value for the China next generation internet research and the future of IPv6 commercially available.

Key words: 6VPE; dual-stack; virtualization technology

目 录

第一章 绪论	1
1.1 项目背景及意义	1
1.2 论文完成的主要工作及组织结构	2
第二章 虚拟化园区网技术综述	3
2.1 多虚一技术	3
2.1.1 StackWise/ StackWise+.....	4
2.1.2 VSS.....	4
2.1.3 IRF/IRF2.....	5
2.1.4 Virtual Chassis 技术.....	6
2.2 一虚多技术	7
2.2.1 VDC.....	8
2.2.2 MPLS VPN.....	8
2.3 支持 IPV4/IPv6 双栈的 VPN 技术	11
2.3.1 6PE.....	12
2.3.2 6VPE.....	13
第三章 虚拟化校园网设计	16
3.1 需求分析	16
3.1.1 多虚一需求.....	16
3.1.2 一虚多需求.....	19
3.1.3 双栈支持需求.....	20
3.2 技术设计	20
第四章 详细设计及实验结果	22
4.1 设备多虚一	22
4.1.1 VSS 部署	22
4.1.2 StackWise 部署	24
4.1.3 IRF 部署	24

4.1.4	多虚一设备间的混合传输特性.....	26
4.1.5	实际混合部署.....	27
4.2	一虚多设计	27
4.2.1	VDC 技术实现	28
4.2.2	MPLS VPN 技术实现	38
4.3	虚拟化园区网上的双栈设计	51
4.3.1	6VPE 拓扑结构	52
4.3.2	相关配置.....	52
4.3.3	部署结果.....	60
第五章	总 结	65
	参考文献	66
	词汇表	67
	致 谢	69

Table of Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background of the Project	1
1.2 Content and Structure of Paper	2
Chapter 2 Technology on Virtual Campus Network	3
2.1 N:1	3
2.1.1 StackWise/ StackWise+	4
2.1.2 VSS	4
2.1.3 IRF/IRF2	5
2.1.4 Virtual Chassis	6
2.2 1:N	7
2.2.1 VDC	8
2.2.2 MPLS VPN	8
2.3 VPN Supporting IPv4/IPv6 Dual Stack	11
2.3.1 6PE	12
2.3.2 6VPE	13
Chapter 3 Virtual Campus Network Design	16
3.1 Requirement Analysis	16
3.1.1 N:1 Requirement	16
3.1.2 1:N Requirement	19
3.1.3 Dual Stack Requirement	20
3.2 Design	20
Chapter 4 Detailed Design and Experimental Results	22
4.1 N:1	22
4.1.1 VSS Configuration	22
4.1.2 StackWise Configuration	24
4.1.3 IRF Configuration	24
4.1.4 transmission Characteristics in N:1 Network	26
4.1.5 Actual Mixing Deployment	27
4.2 1:N Design	27

4.2.1 VDC	28
4.2.2 MPLS VPN	38
4.3 Virtual Campus Network Supporting IPv4/IPv6 Dual Stack	51
4.3.1 Topology of 6VPE	52
4.3.2 Configuration	52
4.3.3 Results	60
Chapter 5 Conclusions	65
References	66
Glossary	67
Acknowledgements	69

厦门大学博硕士学位论文摘要

第一章 绪论

1.1 项目背景及意义

虚拟化技术是 IT 业界近年的热点之一，虚拟化技术的多个优点可以随口便被列出，如，减少服务器的过度提供、减少 IT 的总体投资、增强提供 IT 环境的灵活性、可以共享资源等等。虚拟化技术一直在不断发展，其领域已经不再仅限于服务器，对物理基础网络基础设施进行变更，以适应虚拟化应用的网络虚拟化的需求已越来越迫切。

基础网络网络虚拟化中最为常见的是行业专网建设。建设行业虚拟专用网络（VPN）可以有效保障专有行业信息系统的安全，通过专网与互联网的隔离，实现信息系统的安全保护。在国内，行业专网处于高速发展阶段，专线数量及专线带宽保持在 20%以上的年增长率。这些专网之间、专网和全局网之间互相安全隔离，有自己的独立路由表，以及带宽保障等，相当于在一个物理网络上虚拟出多个逻辑网络，也即是网络虚拟化中的“一虚多”。

而出于网络的健壮性的需求，实现网络高可用性、高可扩展性和高可靠性，避免单点故障，在网络主干网设计中，又希望能有物理上双归属的设计。比如可以借助 VSS 或者 IRF 等多虚一技术把多台物理设备虚拟化为一台逻辑设备，将这多台设备看成一台单一设备进行管理和使用，即是虚拟化建设中的“多虚一”。这种“多虚一”技术可以减少环路的可能，简化路由管理，使网络拓扑结构逻辑上更简洁，既可以通过增加设备来扩展端口数量和交换能力，同时也通过多台设备之间的互相备份增强了设备的可靠性。

网络虚拟化建设中的“一虚多”和“多虚一”两者结合，可实现网络健壮，更能灵活地满足现有网络日益复杂的虚拟化应用需求，但这也给 IPv6 网络部署带来困难。当前，随着 IPv4 地址的分配告尽，而下一代 IP 协议 IPv6 除了提供更大的地址空间之外，还因为简化了报头、提供更多安全特性等优势，正在逐渐应用于互连网络。目前部分主流应用已提供较多 IPv6 资源。中国教育科研网下一代互联网 CNGI 部署已覆盖大部分节点高校并辐射到周边地区教育网内，商用部署进程正在提速，规模超 2000 亿元人民币。IPv6 的部署已日显重要，园区网

中的 IPv6 部署已较多使用 IPv4/IPv6 双栈方案。因此,未来的虚拟化网络对 IPv4 和 IPv6 双栈的支持部署势在必行,这也使得在网络规划建设如何选择稳定可靠的虚拟化技术面临着更为复杂的挑战。

如何建设支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化网络,采取何种虚拟化技术满足未来的网络需求,研究实际部署中可能存在的问题,以及如何解决现有虚拟化技术的缺陷,具有较高的研究意义。

1.2 论文完成的主要工作及组织结构

本文主要工作为研究在园区网平台上支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化基础网络的相关技术,重点分析对比了 6PE 和 6VPE 这两种 IPv6 过渡方案的技术原理及应用前景。

本文首先详细介绍了当前流行的部分虚拟化技术,并对虚拟化技术进行分类对比。

然后对园区网的虚拟化部署需求进行详细分析。

接着结合实际,搭建不同的实验环境对主流的虚拟技术进行部署验证,并给出了现网部署的实际应用情况,主要详细记录 VSS, VDC, MPLS VPN 以及 6VPE 的实验研究。

最后总结了虚拟化技术研究及技术验证的成果,分析研究了不同虚拟化技术在实际应用中的局限及缺陷,并展望了虚拟化基础网络技术的未来研究方向。

本文所研究的支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化技术如 VSS、VDC 及 6VPE 的混合部署,因需要较高的软硬件环境,目前国内部署案例很少。本文在部署支持双栈的虚拟网中所发现的各种问题、解决方法以及最终在生产网络成功部署的相关经验,对于中国下一代互联网的发展以及将来 IPv6 的可商用,具有较好的示范作用和研究参考价值。厦门大学所部署的支持 IPv4/IPv6 双栈的虚拟化园区网络同时也作为中国下一代互联网示范工程 CNGI 项目中的驻地网部署亮点被成功验收。

第二章 虚拟化园区网技术综述

虚拟化技术是当前企业 IT 技术领域的关注焦点,采用虚拟化来优化 IT 架构、提升 IT 系统运行效率是当前技术发展的方向。对网络虚拟化来说,抽象隔离了网络中的交换机、网络端口、路由器以及其他物理元素的网络流量,每个物理元素被网络元素的虚拟表示形式所取代,管理员能够对虚拟网络元素进行配置以满足其独特的需求。对于基础网络来说,在一套物理网络上采用 VPN 或 VRF 技术划分出多个相互隔离的逻辑网络,是一虚多的虚拟化;将多个物理网络设备整合成一台逻辑设备,简化网络架构,是多虚一的虚拟化。

2.1 多虚一技术

早期网络多虚一技术多为交换机集群技术,而新的技术则主要分为两个方向,控制平面虚拟化与数据平面虚拟化。数据平面虚拟化主要为 TRILL (Transparent Interconnection of Lots of Links, 多链路透明互联) 和 SPB 协议技术,在二层转发时可以有效的扩展规模范围,主要为大型数据中心服务。

控制平面虚拟化是将所有设备的控制平面合而为一,只有一个主体去处理整个虚拟交换机的协议处理,表项同步等工作。从结构上来说,控制平面虚拟化又可以分为纵向与横向虚拟化两种方向。

纵向虚拟化指不同层次设备之间通过虚拟化合多为一,相当于将下游交换机设备作为上游设备的接口扩展而存在,虚拟化后的交换机控制平面和转发平面都在上游设备上,下游设备只有一些简单的同步处理特性,报文转发也都需要上送到上游设备进行。可以理解为集中式转发的虚拟交换机。代表技术是 Cisco 的 Fabric Extender、H3C 的 VCF (Vertical Converged Framework, 纵向融合架构)、juniper 公司的 Qfabric 等。

横向虚拟化多是将同一层次上的同类型交换机设备虚拟合一, Cisco 的 VSS/VPC 和 H3C 的 IRF/IRF2 都是比较成熟的技术代表,控制平面工作如纵向一般,都由一个主体去完成,但转发平面上所有的机框和盒子都可以对流量进行本地转发和处理。

本文主要讨论控制平面横向虚拟化。目前主要的横向多虚一技术有：

2.1.1 StackWise/ StackWise+

StackWise 系列技术为思科系统在其 3750 系列交换机上运行的堆叠技术，最多支持使用特殊的堆叠互联线缆和堆叠软件将九台单独的 Cisco Catalyst 3750 交换机互联成一个逻辑单元。整个堆叠作为一个交换单元运行，由从所有成员交换机中间选举产生的一个主交换机负责管理。主交换机可自动创建并更新所有的交换表及可选路由表。运行中的堆叠可接纳新成员或删除老成员，不会造成服务中断。每个堆叠都带有一个 IP 地址，并作为一个对象被管理。这种单一的 IP 管理方法适用于故障检测、虚拟 LAN (VLAN) 的创建和修改、安全性及 QoS 控制等活动。每个堆叠只有一个配置文件，分发给堆叠中的所有成员共享，从而使每个交换机都能共享相同的网络拓扑、MAC 地址和路由信息。此外，这种做法还在主交换机故障时允许任何成员成为主交换机。

StackWise Plus 是 StackWise 的演进版本。StackWise Plus 只在 Cisco Catalyst 3750-E 系列交换机上支持。其区别为：

- 对于单播数据包，StackWise Plus 支持目的地剥离，而 StackWise 支持源剥离。
- StackWise Plus 可执行本地交换。StackWise 不具备这个功能。此外，由于 StackWise 不支持本地交换和源剥离，因此，即便是发送至本地的数据包也必须穿过堆叠的整条环路。
- StackWise Plus 最多支持每个 Cisco Catalyst 3750-E 安装 2 个线速万兆以太网端口。
- Cisco Catalyst 3750-E 只有在连接全部由 Cisco Catalyst 3750-E 交换机组成的堆叠时，才运行 StackWise Plus；如果堆叠中包括一个或多个 Cisco Catalyst 3750，它将运行 StackWise。

2.1.2 VSS

虚拟交换系统 Virtual Switching System (VSS) 1440 是思科系统在 2007 年公布的新技术，由两台采用 Virtual Switching Supervisor 720-10GE 的 Cisco Catalyst 6500 系列交换机或者 7600 系列路由器组合为单一虚拟交换机/路由器，从而提高运营效率、增强不间断通信。在一个 VSS 中，这两个机箱的数据平面和

交换阵列同时激活，各支持 720Gbps 管理引擎，每 VSS 共 1400+ Gbps 交换容量。只有其中一个虚拟交换机成员有激活的控制平面。这两个机箱通过机箱间状态切换（SSO）机制和不断转发（NSF）保持同步，即使某个管理引擎或机箱发生了故障，也能提供不间断通信。其技术优势为：

- **提高营运效率：**VSS 是一种网络系统虚拟化技术，可以从集两部实体 6500 系列交换机成为单一虚拟逻辑交换器，简化了网络的复杂度及管理方式。透过此系统，两部思科 6500 系列交换机能整合成单一管理点、一个逻辑线路以及单一 IP 地址。所以使用者无需各别设定政策至两个设备，亦无需维护两份路由表格（Routing table）。除了可提供传统网络高可用性（High Availability, HA）的容错机制外，更免除了复杂的网络协议规划与管理，不再需要在每个 VLAN 上设定三个 IP 地址，亦不再需要 VRRP / HSRP / GLBP 等备援协议即可达到 HA 的容错系统。
- **备援机制：**VSS 系统能快速地切换到备用管理引擎，在一秒之内即可达到复原的作用，企业之应用系统将不会感觉到备援系统之切换。相较于传统高可用度网络复杂的备援机制，VSS 系统的快速容错切换，无需再等待复杂的网络协议运作即可快速收敛，以实现不间断之通信。透过创新的 VSS 系统，采用跨机身的链路汇集（MEC）机制，可将分别上连至两部核心交换器的链路汇集成单一连结，以实现 Active / Active 的备援模式，大幅提升上行连结带宽的使用效率。MEC 是一种 Layer 2 多路径技术，创建了简化的无环路技术，不再采用生成树（STP）协议，同时仍能启动以严格防御用户误配置。

2.1.3 IRF/IRF2

IRF 智能弹性架构（Intelligent Resilient Framework）系列技术为 H3C 系统专有的虚拟化堆叠技术，将实际物理设备虚拟化为逻辑设备供用户使用。支持 IRF 的多台设备可以互相连接起来形成一个“联合设备”，这台“联合设备”称为一个 Fabric，而将组成 Fabric 的每个设备称为一个 Unit。多个 Unit 组成 Fabric 后，无论在管理还是在使用上，就成为了一个整体。IRF 设备的交换容量和端口数量就是 IRF 内部所有单机设备交换容量和端口数量的总和，因此它可以随时通过增加 Unit 来扩展设备的端口数量，轻易的将设备的核心交换能力、用

户端口的密度扩大数倍，从而大幅度提高了设备的性能；同时也可以通过多台 Unit 之间的互相备份增强设备的可靠性。

同样功能的多台设备逻辑上组成一个整体，在正常运转中多台设备共同承担负载，而当一台设备或链路出现问题时，其他设备和链路可以将故障设备的负载接过来，不会影响业务的正常运转。Master 设备负责 IRF 的运行、管理和维护，Slave 设备在作为备份的同时也可以处理业务。一旦 Master 设备故障，系统会迅速自动选举新的 Master，以保证业务不中断，从而实现了设备的 1:N 备份；此外，成员设备之间的 IRF 链路支持聚合功能，IRF 和上、下层设备之间的物理链路也支持聚合功能，多条链路之间可以互为备份也可以进行负载分担，从而进一步提高了 IRF 的可靠性。而需要扩展网络时，只需再加一台交换机到逻辑整体中即可。而在管理上，逻辑上的整体也完全表现为一台设备，用户管理起来也非常方便。堆叠提高了网络的可靠性、可扩展性和管理性。

IRF1 堆叠仅将多台盒式设备通过堆叠口连接起来形成一台虚拟的逻辑设备，早期在 H3C S3600/S5600 上提供此类解决方案。IRF2 (Intelligent Resilient Framework 2, 第二代智能弹性架构) 是分布式的 IRF 架构，支持分布式框式设备，既支持对盒式设备的堆叠虚拟化，同时也支持 H3C 同系列框式设备的虚拟化，包括 S12500, S9500E, S7500E, S5800, S5500, S5120EI 各系列内的 IRF2 虚拟化整合扩展了设备类型，使得组网更加灵活。

2.1.4 Virtual Chassis 技术

VC 技术是 Juniper EX 4200 交换机独具特色的堆叠技术。与其他堆叠技术一样，提供相同的高可用性功能和大多数的故障切换功能。这个技术和 Cisco 的堆叠不相同，类似 Catalyst 6500 系列的 VSS 系统，但是又不同于 VSS 系统，每个 EX 4200 系列交换机都能作为路由引擎发挥作用。当两个或多个 EX 4200 系列交换机互连在一起时，它们可与所有的虚拟机箱中的其他交换机共享一个控制层。当两个 EX 4200 系列交换机互连在一起时，JUNOSTM 软件将自动启动选择程序以便分配主用(活动)和备用(热备份)路由引擎。一旦主用路由引擎发生故障，集成的第 2 层和第 3 层平滑路由引擎故障切换(GRES)特性保证允许用户的接入应用、服务和 IP 通信流量不中断。

如果将两个以上的交换机互连在虚拟机箱配置中，当主用路由引擎发生故障

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库