

文章编号: 1001 - 893X(2012)06 - 0997 - 06

一种新型 VPN 网络设计及 QoS 性能仿真*

张丽诺¹, 王占京¹, 雷波¹, 王凯²

(1. 中国电信股份有限公司北京研究院, 北京 100035; 2. 北京邮电大学 信息光子学与光通信研究院, 北京 100876)

摘要:通过对现有各专网方案所存在问题及未来数据网络演进趋势的分析,以 ATM - MPLS 重叠网络的方式设计了一种新型 VPN 方案,并提出在现网的具体构建策略,证明了该方案具有现实部署的可行性。通过 OPNET 实现语音、数据及视频等多业务的仿真模拟,其中以数据业务响应时间作为量化指标,仿真结果表明该新型网络在高负载下响应时间在 0.6 s 以内,且不累积拥塞,具有类似 ATM 的技术优势,为宽带网络演进提供了一种解决思路。

关键词:宽带网; VPN; 重叠网络; ATM; MPLS; QoS 性能

中图分类号: TN915; TP393.02 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001 - 893x.2012.06.034

Design and QoS Simulation of a New Type of Virtual Private Network

ZHANG Li-nuo¹, WANG Zhan - jing¹, LEI Bo¹, WANG Kai²

(1. China Telecom Corporation Limited Beijing Research Institute, Beijing 100035, China;

2. Institute of Optical Communication and Optoelectronics, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: By analysing both the shortcomings of the existing private networks and the evolution trend of data networks, a new type of VPN (Virtual Private Network) solution is designed. Then the construction strategies for existing networks are proposed, and the new VPN solution is proved to be feasible. Voice/data/video services are simulated by OPNET, and under the condition of the heavy background traffic the response time of the new VPN solution is less than 0.6 s without congestion. This new VPN solution is considered to be a good solution for the evolution of broadband networks.

Key words: broadband network; VPN; interworking network; ATM; MPLS; QoS performance

1 引言

如何在符合未来技术发展趋势的同时,充分整合利用现有传送网资源打造下一代精品宽带网络,是运营商未来几年内在网络建设和改造方面所面临的最紧迫问题。目前,大客户专线业务在中国各运营商的固网盈利收入中所占的比重很大,属于重点保持和发展的业务类型。中国电信、中国联通和中国移动三大运营商都构建了自己的专线网络,重点发展政府、金融、知名大企业等高端客户。这些客户对专线业务的需求多样化,涵盖了二层 VPN、三层

VPN、MPLS VPN 等多种技术,在迎合客户需求的同时结合资源状况和技术发展策略,各运营商都分别建设了多种专线承载网络。例如中国移动的专线业务主要采用近几年打造的 MSTP (Multi - service Transfer Platform) 专网承载; 中国电信和中国联通则充分利用其固有的光纤资源,分别构建了基础数据网、IP/MPLS 专网、SDH/MSTP 专网来承载专线业务,其中基础数据网和 IP/MPLS 网络主要用于承载高端客户的业务。随着近年网络应用的多样化以及对未来新业务支持的需要,在承担巨大带宽压力的同时,对专线承载网络的 QoS 性能也提出了更高的

* 收稿日期: 2011 - 09 - 29; 修回日期: 2012 - 03 - 31

要求。

为高端客户提供质优价廉的专网解决方案,是运营商核心竞争力的关键因素。如今市场应用较成熟的专网技术均存在一些问题,其中 ATM (Asynchronous Transfer Mode)基础数据网因其多业务支持和完善的 QoS 保证使得在专网建设前期得到了大客户的青睐。但是由于近年该技术已经基本不再发展,所支持的带宽容量有限,核心网压力巨大,现在国内 ATM 网络干线及省网的中继利用率都相对较高,难以满足客户未来对大带宽业务的需求,继续采用该技术的升级成本也较大,且未来运营维护成本将会逐渐升高。

MSTP 技术由于其对数据业务的支持,逐渐取代 SDH 成为城域传输网的首选技术,适合部署于大客户接入网侧,如中国移动就是采用 PTN + MSTP 的方式进行网络建设。尽管 MSTP 应用会长期存在,但基于发展趋势,未来将逐渐倾向于 PTN 技术。

IP/MPLS 适合在全国范围内组网,一般运营商都建设了单独的 IP 承载网,这样有利于专网用户获得安全高效、低成本的专用网络,而且有利于 ISP 开展增值业务。从 IP/MPLS 网络应用来说,要求其具有业务混杂承载能力,支持语音、视频、数据、3G 以及未来各种新业务。同时专网必须保留公网出口,才能保证其业务的应用范围,虽然配置了相关的安全策略,例如专线隔离、防火墙等技术,但基于 IP 技术的安全本质仍然不能消除大客户的忧虑。另外,IP/MPLS QoS 由于采用 RSVP、Diff - Serv、TE、VPN 等技术使其整个体系相对复杂,而在现网应用中,某些

性能指标也还存在问题,例如 TE 的快速路由策略还难达到客户对路由切换时间小于 50 ms 的要求。

同时,未来几年内 ATM/FR 等基础数据网将逐步退网,运营商的网络战略布局将全面向 IP 网络架构演进。对于传统固网运营商已建设的 ATM 网络,充分利用其剩余的生命运行周期,同时兼顾网络技术的发展趋势,设计一种网络演进的过渡方案是比较合理的发展策略。本文通过对 ATM 与 IP/MPLS 技术的研究,提出基于重叠网络方式的新型 VPN 方案,并根据现网情况设计了具体的网络构建策略,最后通过计算机仿真在多业务的复杂网络环境中验证了该方案的 QoS 性能。

2 基于重叠网络的模型设计和现网构建

2.1 模型设计

对传统固网运营商来说,由于网络类型、拓扑结构、业务种类等方面的不同,采用重叠网络的演进方案实现技术的平滑升级过渡,对于增强业务竞争力、保持网络的先进性以及增加运营收益具有十分重要的意义。我们采用边缘 ATM 和核心 IP/MPLS 混合的网络结构设计。这样对运营商来讲,在未来的通信网结构中,ATM 网络作为 IP/MPLS 核心网的边缘接入网络,采用 PWE3 伪线的技术仿真 ATM 业务^[1],而 ATM 网络则扮演多业务接入的角色。就市场需求、投资收益和未来网络的战略布局等因素综合来讲,该重叠网络设计具有存在的价值。其模型如图 1 所示。

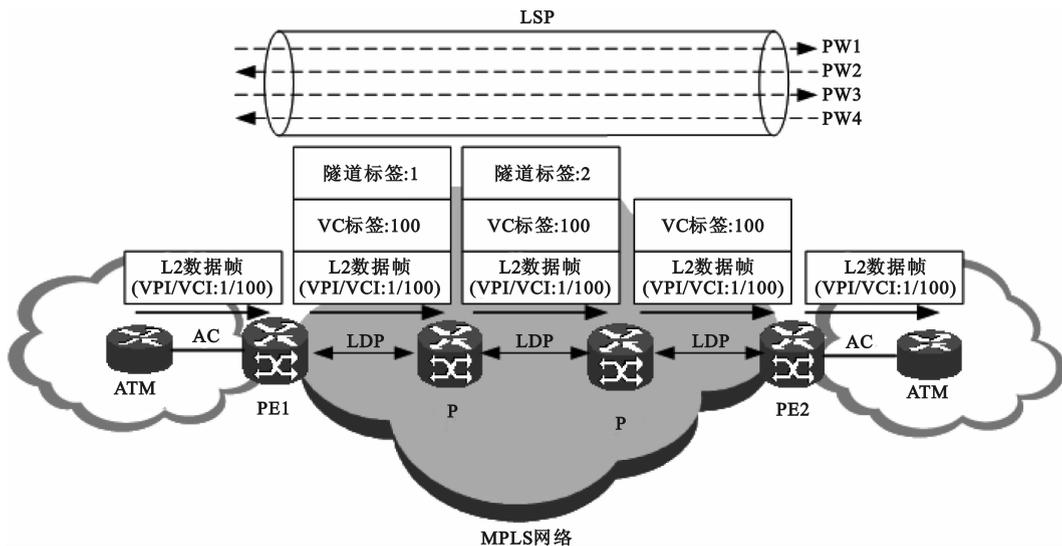


图 1 基于重叠网络的 VPN 模型

Fig.1 The model of VPN based on interworking network

典型的 ATM 信元封装到 MPLS 帧如图 1 所示, PE 路由器通过 AC 收到二层 ATM 数据帧后将其封装上标签(MPLS 外部标签),再通过 LSP 隧道转发至远端 PE。在远端 PE,会将标签移除,然后发送给远端 ATM 设备。若是要在一条 LSP 隧道中实现 PW 的多路访问,PE 需要使用另一个标签(MPLS 内部标签)来标示 PW,其通用封装格式包括隧道标签、VC 标签、控制字段(可选)、二层数据帧^[2]。

2.2 现网构建策略

基于 ATM - MPLS 重叠网络的 VPN 建设目标是在不改变用户的 ATM 接入方式、不改变用户的 ATM 设备维护习惯的前提下,完成核心承载技术的演进。这样用户将感知不到核心网络技术的改变,但其所属的业务质量将得到保持或者提升。现网演进部署可分为近期、中期、远期 3 个阶段来实现,如图 2 所示,预计在 8 ~ 10 年内完成本网络构建。

(1)近期阶段:基于未来网络的建设目标,现有 IP/MPLS 网络可承载二层 VPN 构建,或支持构建 MPLS 二层 VPN 专网。前期将首先对 ATM 网络进行改造,加入双核交换机(ATM/MPLS),一方面可以提高带宽,降低中继利用率,同时也可提供向 MPLS 技术扩展的能力。采用双核交换机,可以进行省网和骨干网的合并,实现网络的扁平化。

(2)中期阶段:部署在 ATM 网络的双核交换机实现向 MPLS 扩展,构建中继实现与 IP 网络的互联,完善核心节点布局,形成完整的 IP 设备核心层网络,并将所有汇接节点的上联中继电路都迁移到 IP/MPLS 核心网络中,进而完成对现有 ATM 核心节点的替换。

(3)远期阶段:保持 ATM 作为边缘接入,将现有 ATM 核心交换机推入接入层,既扩展了带宽又保持资产利用率。核心采用已建的 IP/MPLS 专网承载,

中继利用率保持在 50% 左右,以上整个过程用户侧的接入方式可不做任何改变。

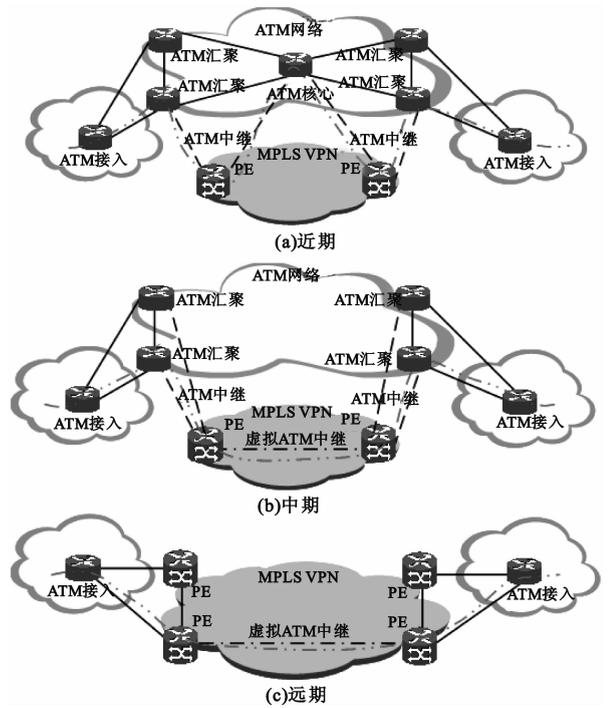


图 2 网络构建策略

Fig. 2 The construction strategies for current networks

3 网络仿真

本文采用 OPNET 仿真软件,对 ATM、IP/MPLS 以及基于混合组网构建的精品宽带传送网等 3 种网络进行了建模,并对网络关键性能指标进行仿真比较。

网络仿真拓扑结构如图 3 所示。其中,存在 2 个 Video 业务子网,具有 1 对 Video 客户端;2 个 Voice 业务子网,具有 2 对 Voice 客户端;2 个数据业务子网,具有 2 个 WEB 客户端、2 个 EMAIL 客户端,以及 2 个 WEB/EMAIL 服务器;所有链路带宽均为 DS1。

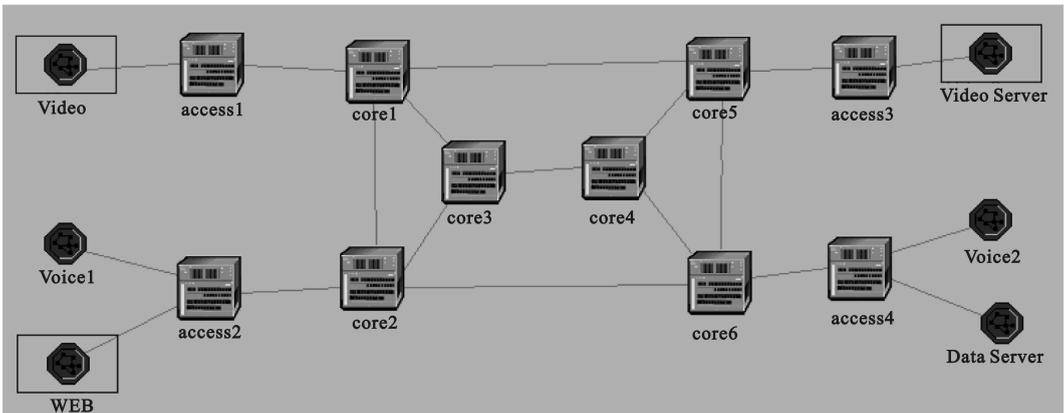


图 3 网络拓扑

Fig. 3 The topology of simulational network

在网络仿真过程中,分别加入语音业务、视频业务、高速上网业务等。语音业务:静默长度服从均值为0.65 s的指数分布,会话突发长度服从均值为0.352 s的指数分布,编码机制 G. 711, 帧速率 1 frame/packet。视频业务:视频帧速率15 frame/s,数据速率0.3 Mbit/s(像素 128×120)。高速上网业务:WEB 浏览 - HTML 20 kbit/s, EMAIL 20 kbit/s, 发送/接收间隔服从均值为10 s的指数分布。

QoS 是网络在传输数据流时要求满足的一系列服务要求,具体可以量化为带宽、延迟、延迟抖动、丢包率、吞吐量等性能指标。由于不同类型技术在网络指标的评估方面存在差异,需要选择一种可以同时在这3种网络中使用并具备可比性的参数指标来反映各网络性能。在本次仿真过程中,选取了 HTTP 数据业务响应时间作为评价网络性能的参数指标,当业务响应时间较长时,表示该网络性能指标较弱,对业务保障能力较差。背景流量模型如图4所示。

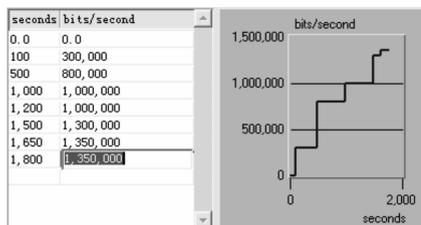


图4 背景流量模型
Fig.4 The model of background traffic

3.1 ATM 网络

在 ATM 网络上仿真上述的3种业务,其中视频业务、语音业务类型为 rt - VBR, HTTP 数据业务类型为 UBR。在网络中加载背景流量模型,与不加载背景流量的情况进行对比,考察 ATM 网络在高负载下的业务保障能力。仿真结果如图5所示。

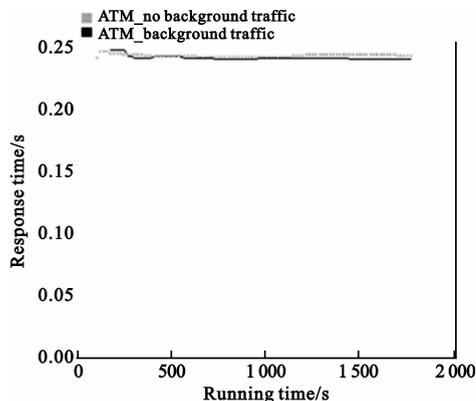


图5 ATM 网络的业务响应时间
Fig.5 The response time of ATM

从仿真结果来看,在诸多通信网络的 QoS 技术中,还是以 ATM QoS 技术最为全面和有效。背景流量业务优先级与 HTTP 数据业务相同,但在数据传输过程中基于 UPC 功能按照流量合同进行了适当的抑制,因此并未对数据业务的响应时间产生较大的影响。总之,ATM QoS 机制所包含的业务分类、流量控制和拥塞控制等功能,再加上 ATM 固定帧长等流量特性因素,保证了 ATM 网络的业务质量。

3.2 IP/MPLS 网络

在 IP/MPLS 网络上仿真上述的3种业务,然后在网络中加载背景流量模型,并不加载背景流量的情况进行对比,考察 IP/MPLS 网络在高负载下的业务保障能力。仿真结果如图6所示。

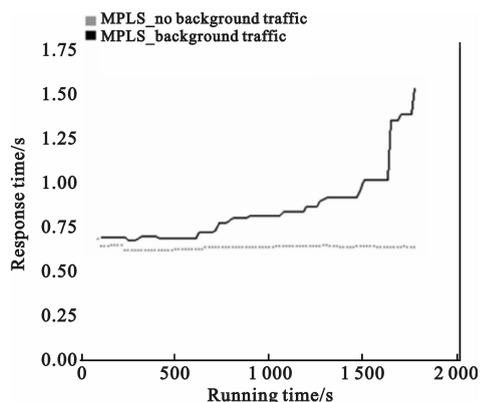


图6 IP/MPLS 网络的业务响应时间
Fig.6 The response time of IP/MPLS

IP/MPLS QoS 机制的核心思想其实也来源于 ATM QoS 技术。IP/MPLS 的多业务 QoS 机制采用 Diff - serv 体系结构,即对进入 MPLS 网络边缘节点的数据流进行优先级的标记,一般利用二层帧的优先级字段或 IP 分组中的 DS 字段来区分,在 MPLS 核心网络中各节点进行不同优先级的队列调度,高优先级的流量优先转发,从而保障了高等级用户的服务质量。MPLS 的业务区分功能是由 MPLS 报文头中的3 bit EXP 值实现,例如在 PE 的 MPLS 侧端口,将 802.1p/q 优先级字段中的参数根据规则映射到 MPLS EXP 位^[3],如表1所示。这样在 MPLS 核心网络中,所有 P 路由器都可以正确识别数据的优先级来进行调度。在本仿真实验中,视频业务、语音业务等级为4,HTTP 数据业务类型等级为0。

表 1 802.1p 优先级到 MPLS EXP 的映射
Table 1 The mapping of priority from 802.1p to MPLS EXP

802.1p 业务等级	MPLS EXP 位
7	111
6	110
5	101
4	100
3	011
2	010
1	001
0	000

从仿真结果来看, IP/MPLS 网络在业务背景流增大时, 链路拥塞使得数据业务响应时间指标变差, 这是因为 IP/MPLS 保证相关业务服务质量的 QoS 机制是以牺牲优先级较低业务为代价的。总之, 与 ATM 网络性能相比, IP/MPLS 的粗颗粒度业务区分机制、业务流特性、数据帧长度等因素, 决定了该网络具有如此的 QoS 特性。

3.3 基于 ATM-MPLS 重叠网络的 VPN

在 ATM-MPLS 网络上仿真上述 3 种业务, 然后在网络中加载背景流量模型, 并不加载背景流量的情况进行对比, 考察 ATM-MPLS 网络在高负载下的业务保障能力。仿真结果如图 7 所示。

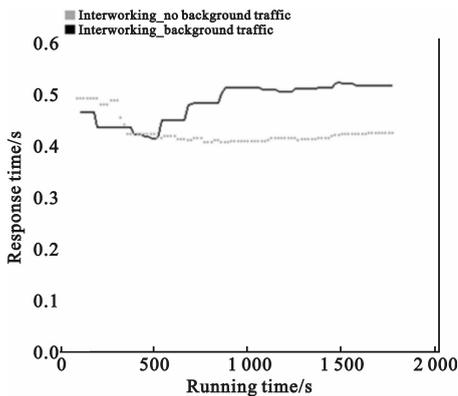


图 7 ATM-MPLS 网络的业务响应时间
Fig.7 The response time of ATM-MPLS interworking network

基于重叠网络的 VPN QoS 机制支持在 ATM 边缘连接中所配置的流量合同和相关 QoS。PE 可实现 ATM 业务类型到 MPLS 区分服务 PHB 的映射, 其映射关系如表 2 所示^[4]。

表 2 ATM 业务类型到区分服务类型的映射
Table 2 ATM service category to Diff-Serv class mapping

ATM 业务类型	区分服务 PHB
CBR	EF
rt-VBR	AF41/AF42
nrt-VBR	AF31/AF32
ABR	AF21/AF22
UBR	DF

从仿真结果来看, ATM-MPLS 网络的业务响应时间符合标准, 并未产生拥塞。这是因为重叠网络可实现 ATM 端到端的 QoS、OAM 及信令等互通, 实际上可认为是 ATM 端到端的电路连接, 中间所经过的二层帧封装是透明的, 如图 1 所示。这样位于边缘 ATM 网络可以在流量控制、拥塞控制等方面保证 ATM-MPLS 重叠网络整体的 QoS 性能。在连接建立阶段, 边缘 ATM 网络的 CAC 机制决定接受或拒绝用户的请求; 通信过程阶段, 在边缘网络的用户/网络接口的 UPC 机制还提供了监测和限制功能。因此该重叠模型事实上还保留了许多 ATM QoS 的优点。

4 结论

从仿真结果可以看出, 在网络负载加重时, ATM 与重叠网络 VPN 的响应时间指标仍然符合标准, 未出现 IP/MPLS 网络的拥塞情况, 可见该新型 VPN 方案在多业务 QoS 保障方面具有较好的表现。在网络部署建设方面, 运营商需要综合考虑已存在网络的赢利性、技术趋势、生命周期、客户结构等因素, 制定合理的网络演进策略, 而 ATM-MPLS 重叠网络 VPN 方案既可以在老的 ATM 网络退网前加以充分利用, 实现最大价值, 同时又符合未来 IP 化的技术趋势, 该方案可作为实现全网 IP 承载的过渡, 具有较高的实用价值。另外, 该新型 VPN 方案可认为是基于二层技术设计的, 理论上应具有较好的安全性, 下一步若能对此进行验证将会使其有望成为近年可供运营商选择的网络演进方案之一。

参考文献:

- [1] IETF RFC3985, Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge (PWE3) Architecture[S].
- [2] IETF RFC4717, Encapsulation Methods for Transport of Asyn-

chronous Transfer Mode (ATM) over MPLS Networks[S].

- [3] Santiago Alvarez. QoS for IP/MPLS Networks[M]. Indianapolis: Cisco Press, 2006.
- [4] ATM - MPLS Network Interworking Version 2.0[S].
- [5] 陈敏. OPNET 网络仿真[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- CHEN Min. Network simulation with OPNET[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese)

作者简介:

张丽诺(1979—),女,北京人,2001年获学士学位,现为研发工程师,目前主要从事基础数据网、传送网研究;

ZHANG Li - nuo was born in Beijing, in 1979. She received the B.S. degree in 2001. She is now a R&D engineer. Her research concerns data network technology and transport network.

王占京(1974—),男,陕西人,1997年获学士学位,现为高级工程师,主要从事下一代传送网的研究工作;

WANG Zhan - jing was born in Shaanxi Province, in 1974. He received the B.S. degree in 1997. He is now a senior engineer. His research concerns the next generation transport network.

雷波(1980—),男,重庆人,2005年获工学硕士学位,现为研发工程师,主要从事下一代传送网研究;

LEI Bo was born in Chongqing, in 1980. He received the M.S. degree in 2005. He is now a R&D engineer. His research concerns the next generation transport network.

王凯(1984—),男,河南焦作人,现为硕士研究生,主要研究方向为传送网技术、宽带通信技术。

WANG Kai was born in Jiaozuo, Henan Province, in 1984. He is now a graduate student. His research concerns transport network, broadband communications.

Email: wangkai@bupt.edu.cn, carlwang.x2@gmail.com