



IP 网络设备多业务叠加测试方法探讨

陈华南¹, 王素彬¹, 徐爱锋²

(1. 中国电信股份有限公司广东研究院 广州 510630;

2. 思博伦通信科技北京有限公司 北京 100191)

摘要:从通信产业的发展趋势出发,分析了 IP 网络设备选型测试需求变化,阐述了目前传统测试方法的局限性。参照运营商未来业务的演变,以核心路由器为例阐述了多业务叠加测试模型的建立及具体实现过程,提出了 IP 网络设备多业务叠加测试的新方法。最后通过与传统单项测试的效果进行比较,为运营商 IP 网络设备测试提供了一种更为有效的可行方法。

关键词:IP 网络设备;核心路由器;多业务叠加;测试方法

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.05.24

Discussion on IP Network Equipment Multi-Service Stressing Test Method

Chen Huanan¹, Wang Subin¹, Xu Aifeng²

(1. Guangdong Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China;

2. Spirent Communications Technology Beijing Co., Ltd., Beijing 100191, China)

Abstract: Referred to the development trend of the communication industry, the changes of IP network equipment testing requirements were analyzed and the limitations of the traditional testing method were explained. Through evolution of carrier's business in the future, a new method of IP network equipment business superposition test was put forward, and the core router was introduced to establish multi-service overlay test model and realization process. The multi-service stressing test case about the core router was discussed in detail. A more feasible test solution for the carrier was provided by comparing with the traditional test results at last.

Key words: IP network equipment, core router, multi-service stressing, test method

1 引言

世界通信产业规模持续飞速发展,IP 网络业务与带宽基本遵循摩尔定律,IP 网络容量面临前所未有的压力。互联网流量增长率维持在 50%以上,以 OTT 视频、云化服务为代表的新型互联网业务进一步加剧网络流量增长。与此同时,芯片技术与高速背板技术高速发展,IP 网络大容量设备及高速端口陆续面市,单槽 400 Gbit/s 能力 IP 网络设备逐渐成为主流,40GE/100GE 高速端口替代 40 Gbit/s

POS(packet over SONET/SDH)成为主要端口类型。

IP 网络设备测试是网络建设至关重要的环节。IP 路由器是 IP 网络的核心组成部分,其性能、功能、安全性和可靠性等直接决定了 IP 网络业务承载能力。随着业务类型多样化、网络容量大型化,传统测试方法无法获得设备整体的评价,运营商需重新思考与梳理新的测试方法,以满足新时期网络建设需求。本文拟从多业务承载角度出发,探讨 IP 网络设备测试方法,以合理评价 IP 网络设备性能指标。

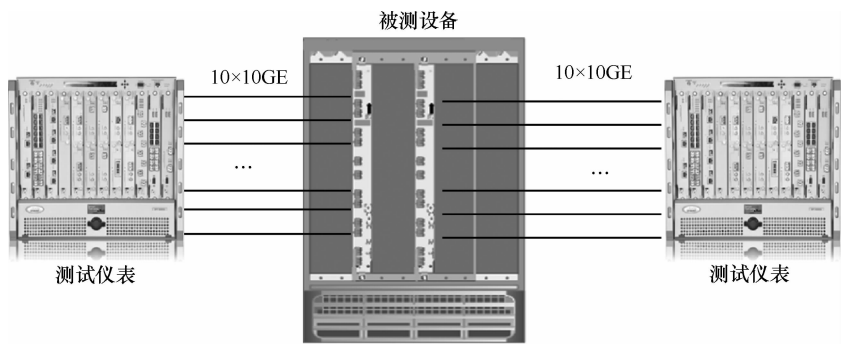


图 1 100 Gbit/s 单板转发性能拓扑

表 1 板卡转发性能测试场景

测试场景	仪表流量要求	被测设备要求
场景 1: 纯 IP 报文转发	纯三层 IP 流量	纯三层 IP 流量转发
场景 2: 叠加分组过滤防火墙转发	纯三层 IP 流量	在接口上配置 32k 条 ACL, 流量转发时需进行 ACL 查找
场景 3: 叠加 NAT 转发	纯三层 IP 流量	被测设备对源 IP 地址进行地址转换后转发
场景 4: 叠加 QoS 转发	对流量 DSCP 字段进行标识	在接口上启用 QoS 队列, 流量转发经过 QoS 处理
场景 5: 叠加 ACL/NAT/QoS 转发	对流量 DSCP 字段进行标识	同时启用 ACL/NAT/QoS 处理

2 IP 网络设备测试需求

2.1 传统测试方法局限性

传统测试方法无法准确地反映路由器的真实性能。在传统测试方法中,一般只关注单纯 IP 转发环境下单字节的转发性能,如采用 RFC2544/2889 等测试标准考察路由器的吞吐量、时延及分组丢失现象。现阶段,路由器的硬件资源分配机制主要采用共享管理并动态分配的方式,在单独测试某个性能指标时,可通过调整路由器资源全部分配给某个协议功能,测试获得结果是理想状态下的最大值,不符合实际网络环境要求。

在多业务叠加场景下,设备处理各种类型业务数据时会增加额外的系统开销,采用传统测试方法无法反映出这部分开销对设备性能的影响程度。下面以路由器 100 Gbit/s 板卡分别在纯 IP 报文转发、叠加分组过滤防火墙转发、叠加 NAT 转发、叠加 QoS 转发及 3 类业务叠加下转发这 5 个场景的转发性能测试为例,说明业务处理对转发性能的影响,测试拓扑如图 1 所示。

测试仪表各个端口分别模拟路由器与被测设备建立 iBGP 邻居,同时注入 50 000 条离散路由。基于路由信息,测试仪表构建全连接(full-mesh)流量模型,与被测设备进行不同场景流量交互,具体要求见表 1。

路由器 100 Gbit/s 板卡测试结果如图 2 所示,设备在不同场景下小字节处理能力差异非常大,如在 64 byte 的

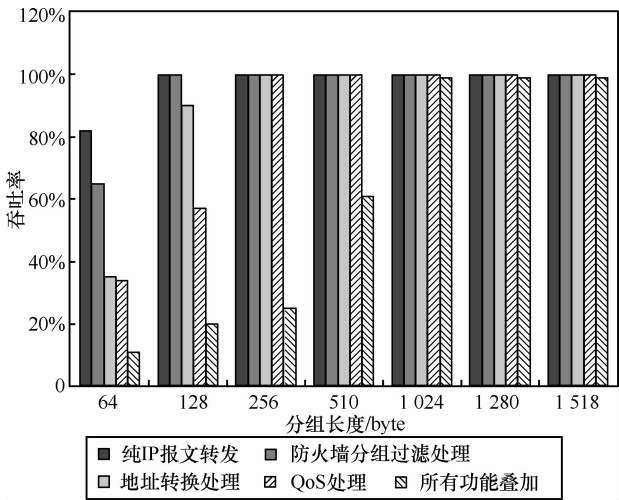


图 2 不同场景下路由器转发结果

转发性能如下:

- 在单纯的 IP 转发环境下,被测设备的转发性能为线速的 82% 左右;
- 当仅叠加分组过滤防火墙时,被测设备的转发性能下降到 63% 左右;
- 当仅叠加 NAT 或 QoS 时,被测设备的转发性能进一步下降到 28% 左右;
- 当叠加所有上述业务时,被测设备的转发性能下降到 10% 左右。

2.2 IP 网络设备测试需求变化

IP 网络设备测试目的是保证将来网络设备部署到实



际网络中能够达到预期功能与性能,满足业务承载需求。这要求实验室测试环境能最大限度地接近现网及未来网络的环境和业务,以验证设备的真实性能并预先发现将来部署后的问题。

高端路由器朝多业务融合方向发展。在传统路由与转发功能基础上,核心路由器融合了 IPv6、多播、MPLS(multi-protocol label switching,多协议标签交换)等多种业务;多业务网关则融合了 CGN、VPN 及 DPI 等业务,未来可能融合 4G 移动核心网部分功能。随着功能实体变化,路由器在实际网络中扮演的角色也发生了变化。由传统意义上的网络互联设备转变为集交换、路由、宽带接入以及语音、数字网关为一体的综合网络设备。实验室测试除了考察传统的设备技术功能与性能之外,需结合未来业务承载需求进行测试场景设计。

3 IP 设备多业务叠加测试方法

下面将以核心路由器多业务叠加测试为例阐述 IP 网络设备测试过程,主要包括测试拓扑、业务类型、业务策略及测试结果分析 4 个方面的内容。

3.1 IP 设备多业务叠加测试网络模型

多业务叠加测试网络模型从设备定位出发,综合考虑业务运营模式、预测业务流量、网络层次、设备类型、链路类型、地理位置及机房分布等因素;同时,测试路径须全面涵盖不同层次节点组成的路径,包括核心之间、核心到汇聚节点之间等。

在 IP 城域网中,核心路由器为核心层唯一组成设备,负责进行业务接入控制点设备汇接并提供 IP 城域网到骨干网的出口,如图 3 所示。核心路由器测试重点关注其对所有业务进行汇聚与转发,此外稳定性与可靠性也是其必选要求。具体网络需求与测试内容对应关系见表 2。

综合考虑网络架构与业务承载需求,核心路由器多业务叠加网络模型以评估整机性能为目标,采用网络测试仪表模型业务,实现各类业务注入;通过辅助路由器实现路由协议及多播互通等,测试拓扑如图 4 所示。

3.2 IP 设备多业务叠加业务模型

业务类型不仅需要考虑当前业务模型,还需考虑未来 3 年业务发展需求。在考察设备业务功能的同时考察其性能情况,核心路由器多业务叠加测试应包括以下业务类型。

- 10 Gbit/s 端口迂回流量转发性能:建议采用 16 个 10 Gbit/s POS 与 16 个 10 Gbit/s WAN 组成测试拓

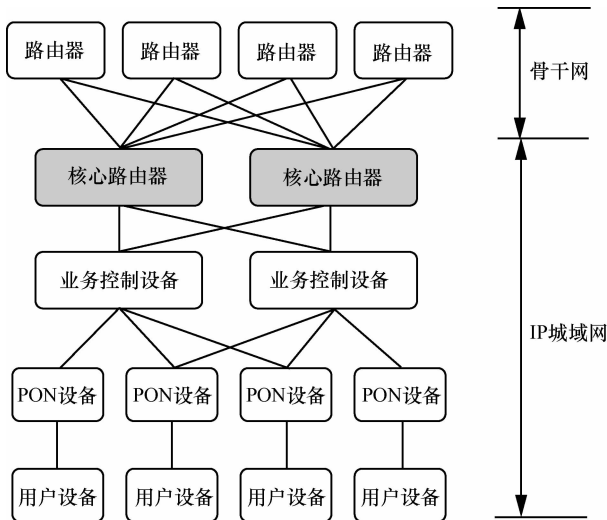


图 3 城域网架构

表 2 IP 网络设备测试内容要求

网络需求	测试内容
高可扩展性	转发容量测试、路由容量测试
高可用性	设备可用性测试、快速收敛测试、MPLS TE 测试
多业务融合承载能力	多播业务测试、MPLS VPN 业务测试
区分服务提供能力	IP 和 MPLS 的 QoS 能力测试
可管理性	网络管理功能测试、SNMP 测试
安全性	设备安全功能测试、防 DoS 攻击测试

扑,注入比例为 IPv4:MPLS:IPv6=45%:30%:20%的流量,DUT(device under test,被测设备)按路由或标签正常转发。

- 40 Gbit/s 端口转发性能:建议采用 2 个 40 Gbit/s POS 接口与测试仪表互联,注入比例为 IPv4: MPLS: IPv6=45%:30%:20%的流量,DUT 按路由或标签正常转发。
- 100GE 端口转发性能:建议采用 2 个 100GE 接口与测试仪表互联,注入比例为 IPv4:MPLS:IPv6=45%:30%:20%的流量,DUT 按路由或标签正常转发。
- 策略路由验证流量:采用 2 个 10 Gbit/s POS 与 2 个 10 Gbit/s WAN 组成测试拓扑,注入比例为 IPv4: IPv6=80%:19%的流量,DUT 按照策略路由要求在多个端口之间进行流量转发。
- 多播业务流量:采用 8 个 10GE 端口与测试仪表互联,模拟多播源,向测试拓扑中注入 IPv4/IPv6 多播流量。同时在被测试设备中,选择 1 个 10GE 端口模拟多播振荡,不间断发送 PIMv4/v6 join/leave 信息。

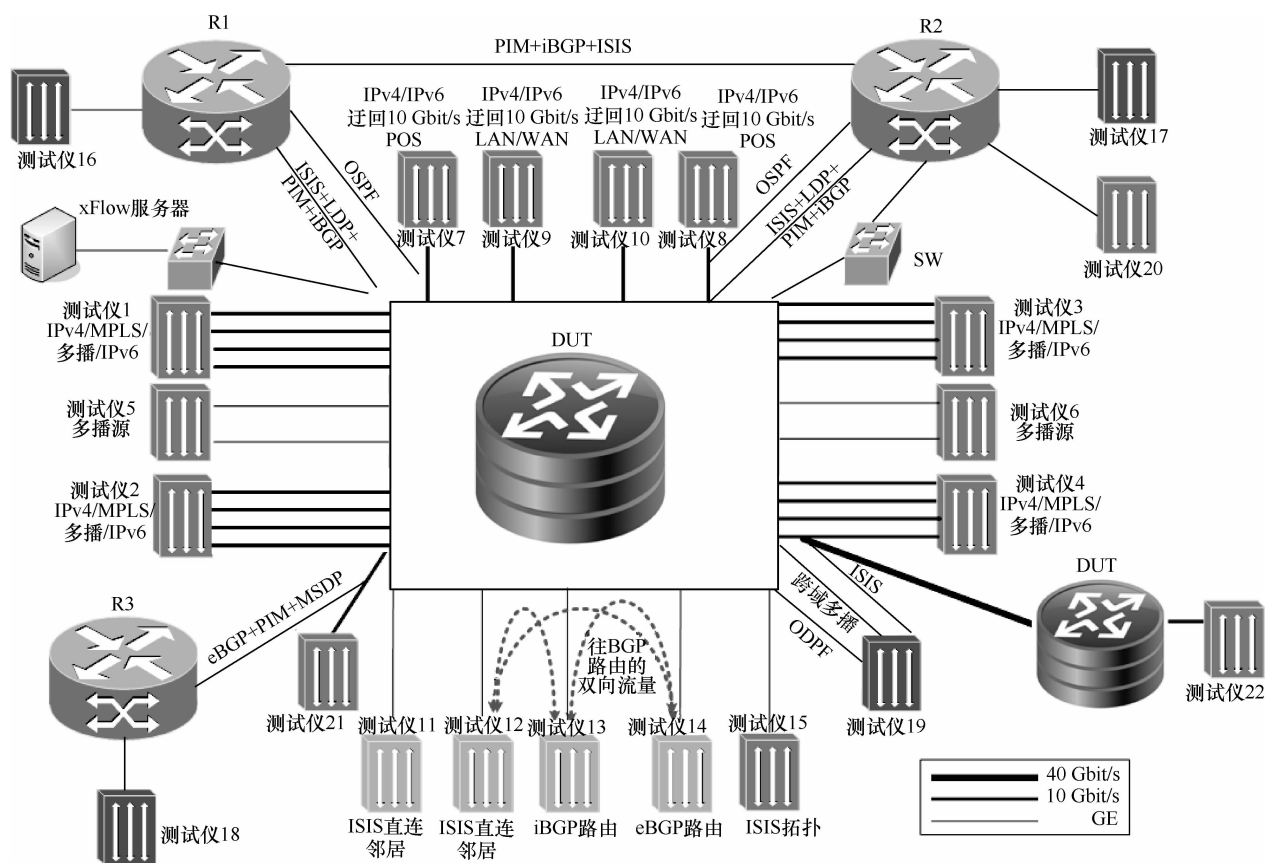


图 4 多业务叠加测试拓扑

- **ISIS 路由仿真:**采用 1 个 10GE 端口,分别模拟包含 1 500 个路由节点,共 10 000 条路由的 ISIS 拓扑数据库与 500 个路由节点,共 3 000 条路由的 ISISv6 拓扑数据库,注入被测设备。
- **ISIS 邻居仿真:**采用 2 个 10GE 端口,每个 10GE 端口模拟 100 个子接口(VLAN),分别与被测设备建立 100 个直连路由 ISIS/ISISv6 邻居。
- **BGP 路由表容量仿真:**采用 2 个 10GE 端口,分别向被测试设备注入 eBGP 和 iBGP 路由,包含 50 万个 IPv4 路由和 100 万个路径,25 万个 BGP4+路由与 50 万个 BGP4+路径。

3.3 IP 设备多业务叠加业务策略

随着网络多业务承载,各类业务对网络时延、分组丢失及抖动的要求不同。核心路由器须实现各类业务质量保障,不仅对各类业务流量应按照业务等级在流量入口方向时进行 QoS 重标识,且能配置相应调度算法,在流量拥塞时,优先保障高等级业务转发。流量 QoS 重标识见表 3(表中 *IPP*, *EXP* 及 *traffic class* 值代表数据分组特定位置标识位,

表 3 业务 QoS 重标识

数据流	入方向标识	重标记后标识
MPLS 重要业务	EXP=1	EXP=7
IPv6	traffic class=1	traffic class=6
多播	默认 IPP	IPP=5
多播	默认 IPP	IPP=4
MPLS 普通业务	EXP=2	EXP=3
IPv4 单播	IPP=4	IPP=2
IPv4 单播	IPP=5	IPP=1
IPv4 单播	IPP=6	IPP=0

用来标识此数据分组的业务优先级分类)。

被测设备在出方向配置 8 个 QoS 队列及相应调度的策略和分组丢失策略,包括 WRR(weighted round robin)中各队列的权重参数,WRED(weighted random early detection,加权随机早期检测)最小阈值与最大阈值,分组丢失概率等参数,以实现各队列按优先级差异丢失分组,具体策略见表 4。

3.4 IP 设备多业务叠加测试结果及分析

通过以上几乎真实的业务叠加模型,可获取被测设备



表 4 业务调度策略

IPP/EXP/traffic class	对应的数据流	调度策略	实际流量大小(以 10 Gbit/s 端口为基数)
7	MPLS 重要业务	PQ,带宽保证 15%	15%
6	IPv6	WRR+WRED,带宽保证 18%	20%
5	多播	WRR+WRED,带宽保证 10%	13%
4	多播	WRR+WRED,带宽保证 10%	13%
3	MPLS 普通业务	WRR+WRED,带宽保证 12%	15%
2	单播	WRR+WRED,带宽保证 8%	10%
1	单播	WRR+WRED,带宽保证 8%	10%
0	单播	WRR,无带宽保证	25%
合计		100%	121%

真实的业务功能及性能情况,包括设备转发性能、设备路由能力、业务支持能力(MPLS/多播等)以及长时间运行的稳定性与可靠性。此外,在相同业务场景下对不同被测设备进行比较与区分,更能体现设备之间的差异。A、B、C 3款设备在叠加相同的业务内容后,性能指标各不相同,其中 B 设备的性能相对于 A 与 C 更高,且在叠加多业务场景下稳定性更好,如图 5 所示。

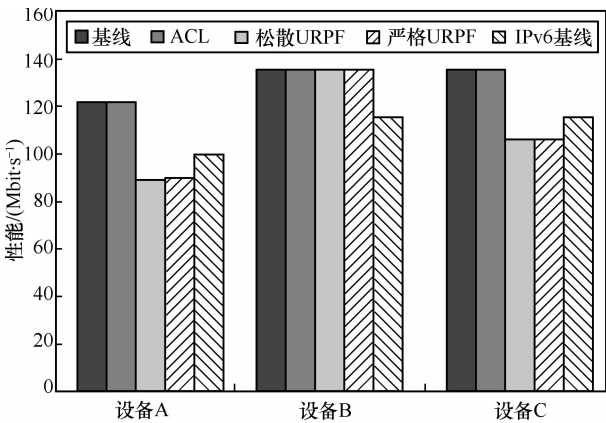


图 5 多业务叠加测试结果

4 结束语

IP 网络设备测试是设备引入的重要环节,是运营商直接获得设备整体评价的主要手段。本文所探索的 IP 网络设备多业务叠加测试方法,为新时期 IP 网络设备测试提供了一种可行的方案,提升了测试的科学性与合理性。由于互联网业务变化较快、设备融合功能更新快,在 IP 网络多业务叠加测试上后续应重点关注各项需求变化,不断地完善整体技术方案。此外,还可叠加加上 4 层仿真流量(如 TCP 流量),模拟真实的流量(P2P 流量、HTTP 流量等)注入被测设备,更能反映出 IP 设备的能力。

参考文献

- 1 Spirent. Definitive guide to router testing. http://www.spirentfederal.com/IP/Definitive_Guides_to_Testing/, 2014
- 2 郭亮,王素彬,赵隽琪等. 路由器性能测试中蛇形测试的局限性探讨. 电信科学, 2013, 29(11)
- 3 杨中贤. IP 网络设备高级性能测试方法. 电信网技术, 2013(2)
- 4 中国电信集团公司. 中国电信 IP 网络设备技术要求-CR, 2013

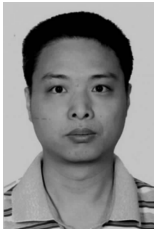
[作者简介]



陈华南,男,中国电信股份有限公司广东研究院数据部工程师,主要研究方向为网络新技术与设备新技术。



王素彬,女,中国电信股份有限公司广东研究院数据部工程师,主要研究方向为 IP 设备新技术及测试。



徐爱锋,男,思博伦通信科技北京有限公司高级系统工程师,从事数据通信测试方法学研究工作。

(收稿日期:2014-04-28)