

电信级以太网测试技术

Testing Technology for Carrier Ethernet

中图分类号: TN915; TP393.4 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2008) 06-0027-03

摘要: 为了比较不同电信级以太网(CE)技术方案的优劣,文章依据城域以太网论坛(MEF)定义的电信级以太网的特点,针对可扩展性、可靠性、服务质量(QoS)、业务承载能力以及业务管理等方面描述了相应的测试方案。通过实际的测试可以看到,目前的电信级以太网技术在以上几个方面均能基本满足电信级组网的需求。但是,由于不同的电信级以太网解决方案在业务承载能力、可靠性、扩展能力、服务质量(QoS)以及运营管理维护(OAM)能力方面存在着较大的差异性,在短期内难以实现完全的互联互通。

关键词: 电信级以太网(CE); 服务质量(QoS); 隧道; 可扩展性

Abstract: In order to compare the effectiveness of different Carrier Ethernet (CE) technologies, test methods are described based on the features of CE defined by Metro Ethernet Forum (MEF), including scalability testing, reliability testing, Quality of Service (QoS) testing, service bearer capability testing and service management testing, etc. It can be seen from the test results that the present CE technologies could satisfy basic requirements of carrier-class network on the abovementioned aspects. However, complete interconnection could hardly be achieved between different CE solution projects in the short term because of major diversities, existing in those projects on the aspects of service bearer capability, reliability, scalability, QoS and Operation Administration and Maintenance (OAM) ability.

Key words: Carrier Ethernet (CE); Quality of Service (QoS); tunnel; scalability;

1 电信级以太网的概念

以太网作为一种快速、简单和高带宽的局域网,在企业网中已经使用了30年以上,但是其应用多年来一直被电信运营商所低估。随着电信级以太网(CE)的出现,运营商逐渐意识到在城域网中,以太网既可以作为数据承载网接入、承载数据业务,也可以直接提供端到端的专线业务。

城域以太网论坛(MEF)是最早开始研究CE的产业联盟。CE的概念也是由MEF提出的。依据MEF的定义,CE具有以下5大特点:

- 可扩展性:业务可扩展,具备

让数百万人使用同一网络服务的能力;带宽可扩展,可以从1 Mb/s扩展到10 Gb/s甚至更高,可以按一定的颗粒度逐步增加。

- 电信级可靠性:可提供50 ms的保护倒换;具备端到端的通路保护能力;支持汇聚链路保护,还支持节点保护。

- 服务质量:提供有保证的端到端性能;支持端到端服务质量(QoS)等级的选择;适用于商业、移动以及接入汇聚等不同应用。

- 标准化的业务:可以提供以太网专线和虚拟局域网业务;无缝集成时分复用(TDM)业务;支持电路仿真

业务;支持现有语音应用。

- 业务管理:支持快速业务提供;支持电信级运营维护管理(OAM);可提供客户网络管理功能。

2 电信级以太网的测试

目前,CE已经成为了业界研究的热点之一,ITU-T、IEEE、IETF、MEF等多家标准组织都已开始了相关的标准化工作,市场上也有了多种解决方案。其中,比较有代表性的技术主要包括运营商骨干网桥/运营商骨干传输(PBB/PBT)技术^[1]、传送多协议标签交换(T-MPLS)技术^[2]、增强以太网技术以及虚拟专用局域网(VPLS)技术^[3]等。那么,如何判断这些技术是否满足CE的需求?这就需要从MEF对CE所定义的可扩展性、可靠性、服务质量、业务支持能力以及业务管理这5个特征入手,进行相应的测试,评估这些技术是否符合这些CE的基本特征。

2.1 可扩展性测试

可扩展性测试的目的是验证CE所能提供的带宽及隧道处理能力。

对于带宽测试,可以基于RFC2544的测试方法^[4],测试被测方案是否支持快速以太网(FE)、千兆以太网(GE)以及万兆以太网(10GE)接口的线速转发。

隧道处理能力测试主要是验证

被测方案可配置的内外层隧道数量。在进行隧道数量测试时,需要被测方案开启隧道保护机制,只有满足了50 ms保护倒换时间的测试结果才是有意义的数值。对于不同的解决方案,隧道的定义也不尽相同。对于PBT技术,外层隧道通过骨干网VLAN(B-VLAN)标识,内层隧道通过骨干网业务实例标识(I-SID)标识;对于T-MPLS技术和VPLS技术,内外层隧道可通过内外层多协议标签交换(MPLS)标签来标识;对于增强以太网环网技术,内外层隧道则是通过运营商桥接(PB)技术的内外层VLAN标签来标识。在测试时需要验证被测方案支持的最大隧道数量以及在单隧道下支持的最大业务数量(即多业务复用隧道的能力)。

2.2 可靠性测试

可靠性测试的目的是验证被测方案是否支持50 ms的电信级隧道保护倒换时间。

保护倒换时间是丢包数与数据包发送速率的比值。端到端隧道发生倒换的触发条件较多,包括链路故障、端口故障、节点故障等,在测试时对这些触发条件应分别进行测试,相应的操作可以包括拔出光纤、关闭转发端口、关闭设备电源、拔出设备主用主控板卡等。为了模拟真实的网络状况,在进行保护倒换测试时,应根据设备情况配置较大数量的隧道,加载较高的数据流量,并使这些流量尽量平均分布在不同的隧道中。

可靠性测试采用的网络拓扑可以根据技术实现采用环形、网状或双归连接等方式。在采用环形组网时,需对相交、相切等多环拓扑分别进行测试。

在测试时应针对单播隧道和组播隧道的保护倒换分别进行测试,以验证被测方案对单播业务和组播业务的保护情况。

在进行保护倒换测试时还应验证在隧道恢复回切时是否有丢包的

现象发生。

2.3 服务质量测试

QoS测试的目的是验证被测方案是否能满足电信级的服务质量要求。

服务质量测试主要包括访问控制策略、QoS流标记策略、接入控制策略以及队列调度机制等方面。

访问控制策略的测试是测试被测方案对二、三、四层流量是否能正确配置访问控制策略,同时还需要验证被测方案在配置了ACL后的转发性能是否受到影响。

流标记策略测试是测试被测方案是否能依据流标记策略对数据流进行QoS标记或重标记。QoS标记可以基于802.3、802.1ah、MPLS或IP服务类别(ToS)/差分服务(DiffServ)来进行。

接入控制策略测试是测试被测设备是否支持对接入流量基于承诺信息速率(CIR)或峰值信息速率(PIR)进行接入速率控制以及所能控制的带宽粒度。

队列调度机制测试是测试被测方案是否支持优先级队列(PQ)、加权公平队列(WFQ)/加权轮循服务(WRR)等优先级队列调度机制。

在进行服务质量测试时,需对单层QoS策略和层次化QoS策略分别进行测试。对服务质量的测试可以参见MEF14^[5]。

2.4 业务支持能力测试

业务支持能力测试的目的是验证被测方案是否支持以太网专线(E-Line)、多点到多点以太网(E-LAN)、树形以太网(E-TREE)、时分复用(TDM)等业务类型。

在进行E-LAN业务测试时应重点关注被测方案创建E-LAN业务的方式并验证其对于远端媒体接入控制(MAC)地址的学习方式。

在进行E-TREE业务测试时应验证各叶子节点之间是否能实现相互隔离,并验证被测方案通过E-TREE业务实现组播的功能。

在进行TDM业务测试时,需对TDM的时延、抖动及误码性能进行测试,测试端口可以依据设备支持情况选择成帧E1、非成帧E1以及通道化STM-1等。

另外,还应针对被测方案支持TDM时钟同步的功能进行测试,测试的内容包括对电路仿真业务(CES)业务的时钟同步功能、同步以太网的时钟功能以及IEEE 1588时间同步功能等方面的测试。对业务支持能力的测试可以参见MEF9^[6]、MEF18^[7]、MEF19^[8]。

2.5 业务管理测试

业务管理测试主要包括两方面的内容:对网管系统的测试以及对OAM机制的测试。前者应基于故障、配置、计费、性能和安全(FCAPS)功能模块,主要包括拓扑发现、业务创建、故障监测、性能管理等方面的内容,测试时通过网管系统创建的业务需要发送模拟业务流量加以验证。

后者是基于IEEE 802.3ah^[9]、IEEE 802.1ag^[10]、ITU-T Y.1731^[11]以及G.8114^[12]等标准,通过协议分析仪,对以太网OAM机制或T-MPLS OAM机制中的连续性检查(CC)、环回(LB)及链路跟踪(LT)等消息的消息格式及消息流程进行一致性检查,验证其是否符合相关标准的规定。

3 电信级以太网测试技术的实践

通过使用上述测试方法,对PBB/PBT、T-MPLS、增强以太网环网以及VPLS等4种CE实现方案测试,可以看出,虽然现有的多种CE技术在业务承载能力、可靠性、扩展能力、QoS以及OAM管理能力等方面均能基本满足电信级组网的需求,但是由于不同的CE解决方案在存在着较大的差异性,在短期内难以实现完全的互联互通。

3.1 业务承载能力

从测试结果来看上述4种解决方

案均能够较好的承载宽带上网业务、IP语音业务,但对于专线业务、组播业务以及TDM业务,不同的解决方案其实现效果和复杂度各不相同。在承载专线业务时,增强型以太网技术由于全网设备都要学习用户的MAC地址信息,所以用户信息的隔离效果比较差,网络容易遭受来自用户侧的攻击;而PBB/PBT、T-MPLS以及VPLS技术,仅在运营商边缘(PE)设备的用户网络接口(UNI)学习用户的MAC地址信息,网络核心设备不学习用户MAC地址信息,所以隔离效果好。对于组播业务,几种解决方案均能够承载,但是实现复杂度各不相同,其中增强型以太网技术由于采用环形组网,因此能比较方便地实现组播业务,而PBB/PBT、T-MPLS和VPLS/适合以太网的多协议标签交换(EoMPLS)技术的组播业务实现方式较为复杂,而且具体实现方法也存在着差异,尚未形成一个统一的标准。对于TDM业务,目前PBB/PBT、T-MPLS和VPLS技术均能提供相应的TDM接口或CES仿真接口,增强以太网技术的TDM支持能力则相对较差。对于TDM业务的同步时钟传送功能,目前多数厂家还在研发过程中,尚不能提供比较完善的解决方案。

3.2 业务可靠性

对于宽带上网业务、IP语音业务、专线业务,几种解决方案在链路和节点故障的情况下,都能够满足小于50 ms的保护倒换;对于组播业务,由于实现方法上的差异,有些技术方案还不能达到50 ms的保护倒换时间,这也是下一步技术研究的重点之一。此外,对于接入链路的保护也大不相同,除了标准的快速生成树协议(RSTP)快速生成树技术之外,许多厂家都开发了专有的技术来提高保护倒换效率,从测试结果来看,采用RSTP技术故障倒换造成上行业务流量的受损时间大于100 ms,而专有技术虽然测试效果小于50 ms,但由于

都是各厂商私有的技术,其互通性无法得到保证。

3.3 扩展能力

目前,主要的CE设备厂商都开发出了支持10GE接口的设备,接口带宽可以从FE接口扩展到10G接口,可基本满足运营商城域网组网的需要。在隧道支持的能力上,由于设备处理能力的不同,其所能提供的业务数量也不尽相同,数量从数千到数万,也可基本满足运营商城域网二层组网的需要,其中PBT、T-MPLS以及VPLS在此方面的扩展性较好。

3.4 QoS功能

目前,几种实现方案在QoS流分类能力和排队调度算法实现方面基本能够实现基于VLAN标签和端口的流分类,支持PQ、WFQ/WRR排队调度算法。对于层次化QoS功能,多数厂家都可以支持。

3.5 业务管理能力

目前,多数厂家都能够提供可视化的拓扑视图,支持业务创建功能,但配置复杂度不同,多数厂家的网管系统需要对每个网元进行单独配置,操作较为复杂。由于PBB/PBT、T-MPLS方案的控制层面尚不支持控制信令,因此在网管系统上需要通过静态配置的方式进行业务创建。对于批量业务的配置,多数厂商能够提供相应的应用程序接口(API),通过编写脚本的方式实现,但是目前各厂家基本不支持通过网管界面进行批量业务的创建功能,这也给运营商的日常维护带来了一些不便。

在OAM功能支持方面,现在多数厂商都已支持802.1ag协议,但是Y.1731协议中的性能管理功能只有部分厂家可以实现。

4 结束语

由于不同的CE技术适用于不同的应用场景,因此在具体进行测试

时,需要针对应用场景及采用的技术方案制定相应的测试方案。随着各种CE技术的发展,CE技术的测试方法也需要不断地完善,以满足对CE技术日益增长的评估需求。

5 参考文献

- [1] IEEE 802.1ah. IEEE Standard for local area networks—Virtual bridged local area networks, Amendment 6: Provider backbone bridges [S]. 2007.
- [2] ITU-T G.8110.1. Architecture of transport MPLS (T-MPLS) layer network [S]. 2006.
- [3] AUGUSTYN W, SERBEST Y. Service requirements for layer 2 provider—Provisioned virtual private networks [S]. RFC 4665. 2006.
- [4] BRADNER S, MCQUAID J. Benchmarking methodology for network interconnect devices [S]. RFC2544. 1999.
- [5] Metro Ethernet Forum Specification MEF14. Abstract test suite for traffic management phase 1 [S]. 2005.
- [6] Metro Ethernet Forum specification MEF9. Abstract test suite for Ethernet services at the UNI [S]. 2004.
- [7] Metro Ethernet Forum specification MEF18. Abstract test Suite for circuit emulation services [S]. 2008.
- [8] Metro Ethernet Forum specification MEF19. Abstract test suite for UNI type 1 [S]. 2008.
- [9] IEEE 802.3ah. IEEE Standard for information technology—LAN/MAN Specific requirements, Part 3: CSMA/CD access method and physical layer specifications—Amendment 4: Ethernet [S]. 2004.
- [10] IEEE 802.1ag. IEEE Standard for local and metropolitan area networks—Virtual bridged local area networks, Amendment 5: Connectivity fault management [S]. 2007.
- [11] ITU-T Y.1731. OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks [S]. 2004.
- [12] ITU-T G.8114. Operation and maintenance mechanism for T-MPLS layer networks. [S]. 2007.

收改日期:2008-09-10

作者简介



赵锋,信息产业部电信研究院通信标准研究所高级工程师,硕士毕业于北京邮电大学。现从事IP网络技术研究、标准制定及相关的测试方法研究。先后主持和参加多项国家“863”计划项目,参与制定多项行业标准,获得2项科研成果奖。已发表论文10多篇。