

支持CE的T-MPLS关键技术及应用

The T-MPLS Technology and Application on Carrier Ethernet

中图分类号: TN915; TP393.4 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2008) 06-0007-06

摘要: 传送多协议标记交换(T-MPLS)作为一种面向连接的分组传送技术,是支持电信级以太网(CE)的主要承载技术。从T-MPLS技术特性入手,文章介绍了T-MPLS标准化的最新进展及其面临的挑战,给出T-MPLS作为CE承载技术的组网模型,在此基础上,讨论了与T-MPLS有关的数据转发平面,控制平面,网络生存性,操作、维护和管理(OAM)等关键技术,分析了基于T-MPLS的CE技术的应用情况。

关键词: 传送多协议标记交换; 电信级以太网; 分组传送网; 数据转发; 生存性

Abstract: Transport-Multi Protocol Label Switching (T-MPLS) is a connection-oriented packet transport technology, and it is also an important carrier technology for Carrier Ethernet (CE). By analyzing the technical characters of T-MPLS, this paper gives the recent standardization process and the challenges, describing the network architecture for CE over T-MPLS technology. Based on this, the paper discusses some key issues for T-MPLS, including data forwarding plane, control plane, network survivability, Operation Administration Maintenance (OAM) and so on, then describes the application of CE based on T-MPLS.

Key words: T-MPLS; carrier Ethernet; packet transport network; data forwarding; survivability

曲桦/QU Hua

赵季红/ZHAO Ji-hong

毛宏宝/MAO Hong-bao

(西安邮电学院, 陕西 西安 710061)

(Xi'an University of Posts &

Telecommunications, Xi'an 710061, China)

局域网)、可扩展性(业务带宽和规模均可灵活扩展)、可靠性(低于50 ms保护倒换)、QoS(端到端有保障的业务性能)、电信级网络管理(快速业务建立、用户网络管理)。任何技术只要满足这些要求,就可以作为CE技术,因此,CE在技术上呈现多样化的特点。目前业界最看好的技术主要有3类: T-MPLS、虚拟专用LAN技术(VPLS)、运营商骨干传输(PBT)。

1 T-MPLS技术特性及标准化进程

1.1 T-MPLS的技术特性

国际电信联盟 (ITU-T)SG15定义的T-MPLS,是一种基于MPLS的面向连接的分组传送技术,它被看作是MPLS从核心网络向城域网和接入网的自然延伸,可以看作是T-MPLS = MPLS - L3的复杂性 + OAM + TE。T-MPLS用于电信级的应用主要表现在以下几个方面:

(1) 抛弃了IETF为MPLS定义的繁复的控制协议族,简化了数据平面,去掉了不必要的转发行为(如倒数第二跳弹出(PHP)、MPLS的标签合并、等价多路径(ECMP));

(2) 具有完善的OAM机制;

(3) 可进行性能监视;

(4) 能确保端到端保护时间小于

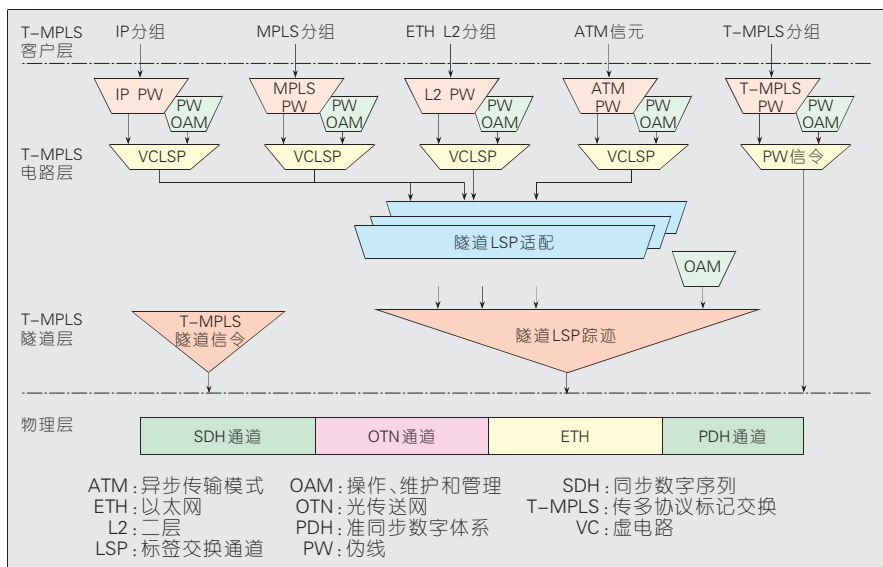
传送网面临的一个重要问题就是如何将其扩展成一种多业务传送平台。传统的互联网协议/多协议标签交换(IP/MPLS)在这方面做了很大努力,但由于过多地考虑了三层功能、IP功能,很难建立面向连接的传送技术,这就需要统一的控制技术来实现资源管理与控制。传统的传送网技术,如同步数字序列(SDH)和光传送网(OTN),能实现端到端保护,并具有强大的操作、维护和管理(OAM),但在适应突发性分组业务的灵活性方面明显不足。

T-MPLS^[1]作为一种电信级传送技术,省去了MPLS中一些不必要的无

连接的基于IP的处理能力,采用统一的数据传送平面,其关键点是面向连接的分组传送,能提供电信运营级的服务,具有与传统传送技术相当的端到端的OAM、服务质量(QoS)和小于50 ms的保护倒换能力,采用与SDH和OTN相似的分层结构,并有与之相适应的网络管理能力和智能控制能力,这些都是保障其应用的关键。

电信级以太网(CE)^[2]是一个相对宽泛的概念,它并不专指某种网络技术。从广义上讲,提供以太网接口、多业务承载,具备标准化、可扩展、服务质量保证、高可靠和业务管理能力的组网技术都可以称为CE技术。按照城域以太网论坛(MEF)定义,CE技术包括5个方面的内容:标准化业务(专线/虚拟专线、专用局域网/虚拟专用

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60572134); 国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目(2007AA01Z254)



▲图1 T-MPLS的体系结构

50 ms;

(5) 考虑到流量工程和端到端传送, T-MPLS不支持无连接传送模式, 所有的连接都是显式端到端连接, 这使得T-MPLS成为纯粹的面向传送的、基于运营的传送网络技术;

(6) 支持Diff-Serv的QoS机制, 支持组播、提供双向标签交换通道(LSP)、支持全局标签空间;

(7) 不同于MPLS依赖于控制平面, T-MPLS传送平面与控制平面独立, 更好地保证了网络的可扩展性和灵活性。

采用T-MPLS作为电信级以太网承载技术, 正是基于T-MPLS的上述技术特性来考虑的, 特别是T-MPLS支持以太网虚连接(EVC)业务, 并满足了前面提到的CE五大要求。

1.2 T-MPLS的体系结构及组网模型

T-MPLS LSP的分层结构包括两个子层, 通道层和隧道层, 如图1所示。T-MPLS所支持的客户层可以使用任何二层(L2)技术, 采用IETF为端到端伪线模拟(PWE3)伪线模型定义的映射技术。电路子层对应虚电路(VC) LSP连接, 完成将客户层的业务适配到T-MPLS数据转发域, 适配过程还包括对用于VCLSP管理的OAM信息的

适配。隧道子层对应隧道LSP连接, 支持T-MPLS VC LSP的集合, 可以是嵌套式或与VC LSP复用, 也对包括管理隧道LSP OAM信息的适配。

CE的体系构架建立在层网络的框架内, 它要求层网络间的操作独立于客户层和控制层, 使得用户业务在CE over T-MPLS网络上的传送变得更加透明、安全和完整。G.8110.1^[3] (T-MPLS的体系结构) 定义了ETH/T-MPLS层网络间信息的适配和处理。T-MPLS支持CE时, 可以将以太网业务承载在T-MPLS之上, 形成Ethernet over T-MPLS的结构。T-MPLS支

持CE的组网模型, 如图2所示。在这个模型中利用T-MPLS技术可以支持MEF定义的以太网虚连接(EVC)业务, 并且利用EVC业务来进行以太网帧结构的传送。

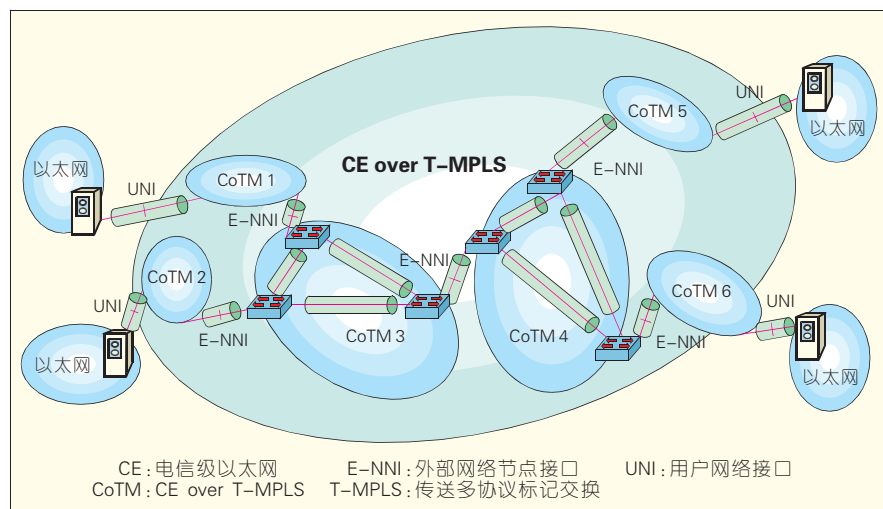
1.3 T-MPLS的标准化现状及面临的挑战

在标准化的进程上, T-MPLS走在其他CE技术的前面。

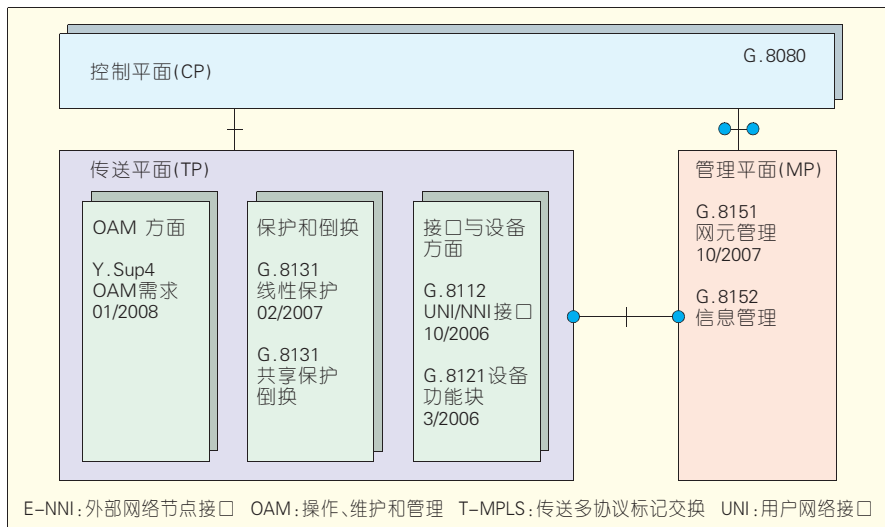
从2005年起, ITU-T SG15着手制订G.8110.1, 从此, ITU-T开始了一系列G.81XX的有关T-MPLS建议的制订, 如图3所示。ITU-T开始T-MPLS工作的最初目的是定义MPLS用于传送网的一些子功能, 如面向连接的属性, 然而, 为了完全满足传送网的需求, 需对IETF的MPLS的功能作一些扩展, 如OAM、保护倒换等, 最初考虑T-MPLS与Ethernet的OAM能兼容, 而IETF指出这些扩展与IETF MPLS之间的不兼容性。

2007年7月, IETF正式向ITU-T提出了MPLS和T-MPLS的兼容问题, 如T-MPLS与MPLS的互联可能引起的网络问题, 并且共同开发对MPLS的扩展部分, 并保证MPLS与T-MPLS是两个独立的网络, 不要出现名称等方面的混淆。

2007年9月, ITU-T SG15 Q12负责的T-MPLS结构方面的标准已与IETF



▲图2 CE over T-MPLS组网模型



▲图3 T-MPLS标准化现状

在许多方面达成协议;SG13 Q5负责的T-MPLS OAM方面的标准工作将在2009—2013研究期转至SG15。2007年4月对OAM的建议(G.8113、G.8114)由于IETF指出了61个需要解决的问题而未获通过,G.8113将以Y.Supple.4出版。

2008年2月,IETF和ITU-T建立了联合工作小组(JWT),JWT的成立标志着IETF与ITU-T合作研究T-MPLS的开始,JWT将对已通过或同意的ITU-T建议书进行检查。IETF MPLS互操作设计组于2008年3月的会议上讨论了有关ITU-T OAM和数据转发的需求问题。在2008年3月的JWT工作会议上,IETF MPLS为适应传送需求的扩展,用MPLS-TP来定义,并由IETF来完成,ITU-T将在其新的建议中融入MPLS-TP,预计T-MPLS的系列标准将在2008年后基本完成。目前JWT主要关注数据转发平面,控制平面技术,网元管理和接口、设备,网络生存性,OAM机制5个方面。

中国通信标准化协会已经完成了《MSTP技术要求:内嵌MPLS部分》标准,现正在进行《T-MPLS技术要求》技术报告的制订工作。

然而,在支持CE的过程中,T-MPLS面临以下几方面的课题:

(1)资源管理问题。需将逻辑标签

映射到相应的带宽,连接的带宽趋向于动态,需要有连接接纳控制(CAC),较电路交换的网络中的连接数要多,带宽管理更趋复杂。

(2)双向非对称的LSP问题。双向LSP是重叠的,且非对称的;信令需扩展;资源分配与管理面临挑战。

(3)嵌套式LSP问题。嵌套式LSP改善了可扩展性,嵌套式LSP的保护/恢复面临挑战。

(4)链路发现与故障管理问题。链路发现是非常有用的,其功能包括自动发现节点间的链路连接,减少人工配制,以及降低在配置过程中不可预见性差错。

(5)链路管理协议(LMP)是T-MPLS链路发现和管理的一个可选项,发现机制也可以采用OAM在数据传送平面来完成。

(6)T-MPLS的生存性问题。保护技术包括1:1、1+1、环网保护,恢复技术包括硬/软选路、预计算/动态恢复。面临的问题是恢复动作的启动方式、段保护/恢复与端到端的保护/恢复,基于业务等级(GoS)的生存性。

(7)支持的业务问题。P2P LSP(E-Line);P2MP LSP(E-Tree);多重P2P LSP(E-LAN);

(8)多层互连问题。信令互通、TE链路的泛洪与提取、路径计算单元

(PCE)、多层生存性问题、对等(Peer)或重叠(Overlay)。

2 T-MPLS的数据转发平面技术

T-MPLS采用双标签交换和转发模式,即T-MPLS在为客户层提供分组式数据传输时,会对客户数据分配两类标签:虚信道/伪线(Channel/PW)标签和传输交换通道/隧道(Path/Tunnel)标签。信道标签将两端的客户联系在一起,用于终端设备区分客户数据。隧道标签用于客户数据在T-MPLS分组数据通道中的交换以及转发。

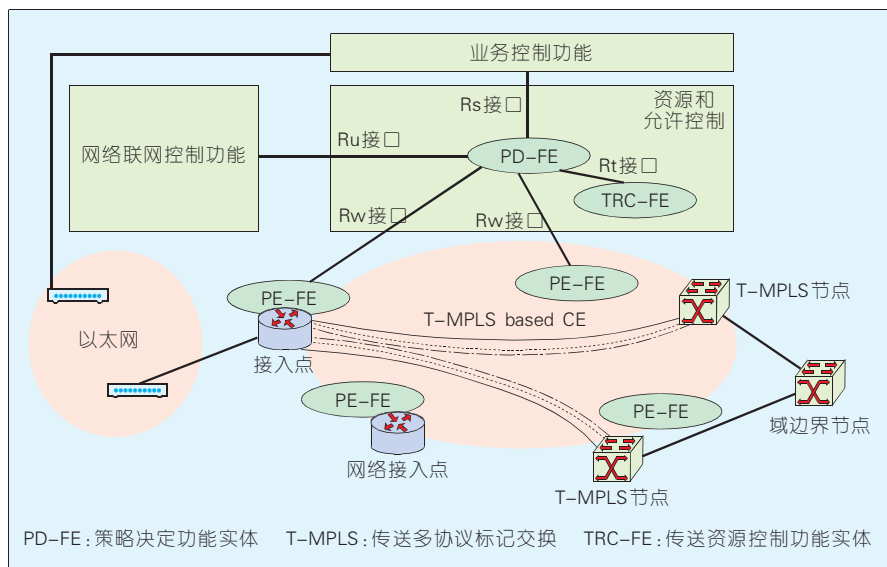
T-MPLS的数据转发技术基于IETF建议RFC3031/3032^[4]中MPLS的数据转发、标签操作和垫片标签格式化的原理,并具有以下特性:

(1)单向和双向T-MPLS LSP:沿同一物理通道传送的数据平面中的两个单向LSP构成一个双向LSP。

(2)区分业务:支持基于扩展LSP或标签LSP,并支持区分业务的数据转发,基于RFC3270^[5]中的“Pipe Model”和“Short Pipe Model”。RFC 3270中的“Uniform Model”在T-MPLS中不考虑,因为它不适合L2VPN数据的转发模式。

(3)考虑到RFC3443^[6]中的“Pipe-Model”和“Short-Pipe”LSP数据转发模式,支持生存时间(TTL)处理,并与隧道LSP协调。

点到多点(P2MP)组播是T-MPLS一个重要的研究方向,内容包括:下一跳标签转发进入、分组复制、数据平面(树或点到点)以及标签分配和分层。由于ITU-T和IETF联合工作组JWT筹建不久,所以除了G8110.1提到T-MPLS支持组播以外,并没有其他关于T-MPLS组播技术细节的文档。2007年3月在芝加哥举办的MFA会议认为,可以在IETF关于MPLS P2MP组播的RFC基础上,完善G.8110.1中关于T-MPLS单向P2MP组播的细节问题。在最新的关于T-MPLS体系结构



▲图4 CE over T-MPLS架构中的RACF实现

的建议书G.8110.1Amendment1^[7]中给出了T-MPLS单向P2MP连接的结构示意图。

3 T-MPLS的控制平面技术

对CE来说,控制功能和传送功能的分离和独立是其最突出的优势,传送平面仅仅只关注数据转发和传送,而控制平面要负责所有与网络资源控制和管理有关的功能。

T-MPLS控制平面的标准工作主要由ITU-T+IETF+OIF完成。ITU-T的重点是需求、体系结构、功能;IETF的重点是控制协议的设计和扩展,例如,信令、路由、LMP协议,以及与控制平面有关的专门问题的澄清和解决上;光互联论坛(OIF)的重点是用户网络接口(UNI)、外部网络节点接口(E-NNI)。

T-MPLS引入通用多协议标记交换/自动交换光网络(GMPLS/ASON)作为其统一的控制面,进行标签的分发、T-MPLS路径的建立等,是传送网技术的一次重要突破和变革。在CE over T-MPLS架构下,控制平面形象化地描述为网络资源和接纳控制功能(RACF)^[8-9]和网络联网控制功能(NACF),图4描述了CE over T-MPLS架构中的RACF方案。

RACF由策略决定功能实体(PD-FE)和传送资源控制功能实体(TRC-FE)组成,分别负责技术无关的、技术有关的资源接纳和控制功能。TRC-FE是专为基于T-MPLS的传送网量身定做的功能实体。为了满足CE的特定需求,TRC-FE必须实现以下功能:传送网络资源(拓扑和链路容量)的实时监测和信息收集、呼叫接纳控制(CAC)、与技术有关的QoS需求和属性等。

4 T-MPLS的生存性技术

T-MPLS的主要特性之一就是其完善的生存性技术。T-MPLS网络生存性是保障T-MPLS网络性能的一个重要方面,主要包括基于传送平面的保护倒换和基于控制平面的恢复。基于传送平面的保护倒换主要有:线性保护倒换、共享保护环;基于控制平面的恢复是指故障发生后,在控制平面的协调下,为业务重新计算工作路径,或者预计算保护路径。

目前为止,在T-MPLS的生存性方面只有线性保护倒换被标准化,T-MPLS共享环保护已有草案,现正在审核中,计划于2008年12月通过。

(1)线性保护倒换

ITU-T G.8131/Y.1382^[10]对T-MPLS

线性保护倒换进行了标准化,规范了T-MPLS端到端路径保护和子网连接保护两种结构,定义了单向/双向倒换类型,返回式/非返回式操作类型。基于APS协调,T-MPLS可以在段层、通路层以及电路层上实施保护倒换。保护倒换可以由管理平面发起,也可以在设备检测到故障后由故障指示信号发起。

(2)共享保护环

ITU-T G.8132^[11]对T-MPLS共享保护环(TM-SPRing)保护倒换机制进行了标准化,规范了绕回(Wrapping)和源路由(Steering)两种保护机制来支持点到点、点到多点T-MPLS连接。

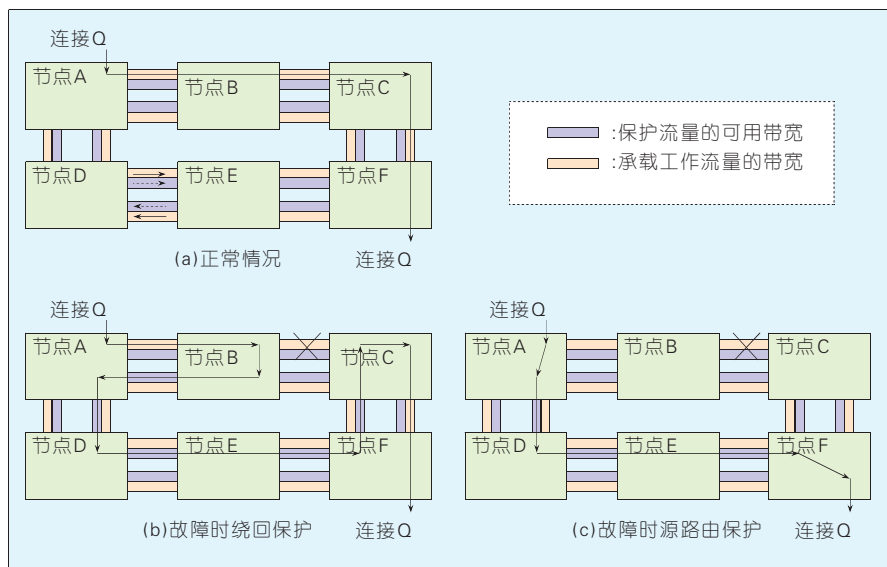
TM-SPRing是一种互逆双环拓扑结构,环上的每段光路工作在同一个速率上。外环的传送方向为顺时针方向,内环相反。保护不需要专用的带宽备份,其中的两个环均可用于传送数据,通过在环上广播倒换控制消息的方式,使环上所有节点确知发生故障的路由或节点。TM-SPRing提供了对所有被保护业务小于50 ms的可靠的保护倒换机制。

图5描述了使用T-MPLS绕回保护、源路由保护的TM-SPRing信令流程。图5(a)是网络正常情况下的业务流量Q,走外环;图5(b)描述在发生链路故障后,采用绕回保护,在邻近故障链路上游节点B进行保护倒换操作,新的通道为A-B-A-D-E-F-C-F;图5(c)是在发生链路故障后,采用源路由保护,从节点A到D的业务流量改走内环到达目的节点,新的通道为A-D-E-F。

(3)恢复技术

T-MPLS的恢复技术由控制/管理平面来完成,采用基于GMPLS/ASON的分布式控制平面技术,实现LSP的恢复,可以针对任何拓扑结构,也可以与其他传送网技术层(如SDH、OTN、WDM)进行恢复技术的协调。

有关T-MPLS生存性,仍有很多问题有待解决,如触发机制、多环保护功能、面向业务的恢复、多域恢复技



▲图5 TM-SPRing原理及信令流程

术、动态通道恢复功能等。

5 T-MPLS的OAM机制

T-MPLS的另一个重要特性就是其拥有功能强大的OAM能力。ITU-T Y.Sup4^[12]定义了详尽的T-MPLS OAM机制,使得网络中每一个层面的传送实体,不管属于用户、业务提供商还

是运营商,都能执行故障检测、故障定位和性能监测任务,掌握本层收发信息的完整性和通道情况,这是其他所有分组传送网(PTN)方案所不能比拟的。

T-MPLS的OAM机制包括三大部分:故障管理、性能管理和其他功能,如图6所示。小圆内为MPLS的OAM功能,而小圆外侧的扇形为T-MPLS这3个部分所包含的OAM功能。

由图可以直观地看出T-MPLS OAM对MPLS的OAM进行了扩展。对比可知T-MPLS技术在MPLS的基础上大量增加了OAM协议数据单元(PDU)种类,每种PDU完成一个功能,这些功能突出实现了T-MPLS OAM支持差错管理和性能管理,尽量最小化服务中断、恢复时间及操作资源等特点。T-MPLS OAM的这些功能基本与传统传送网OAM功能相当,这就使得T-MPLS技术的OAM具有了提供电信

运营级业务的能力。

6 T-MPLS的应用

最早的T-MPLS G.8110.1建议就是由BT、Alcatel、Tellabs和Fujitsu牵头制订的。作为一种基于MPLS的面向连接的分组传送技术,T-MPLS得到了众多电信设备商支持,像中兴通讯、华为、思科、Juniper、Alcatel-lucent等公司。这些厂商的设备在IP/MPLS方面非常成熟,而且占据了市场份额

的大多数,它们支持基于MPLS的演进(如T-MPLS)。考虑到运营商需求,及市场占有率,之前支持PBT的电信设备商也开始关注T-MPLS,在设备中同时支持PBT和T-MPLS,如Fujitsu的设备支持PBT和T-MPLS。中兴通讯在多业务传送设备ZXMP S385上开发了T-MPLS功能,其符合欧标的结构设计满足现在和将来各种业务的需求。2007年,在由欧洲高级网络测试中心(EANTC)组织的电信级以太网互通测试中,中兴通讯表现出色,成功完成了T-MPLS全球互通测试。

T-MPLS可以承载到SDH和OTN上,但随着光网络的演进,最终OTN将取代SDH,形成综合的分组/光数据单元(ODU)/波长网络。为此,ITU-T在2007年11月对原有OTN接口协议G.709进行完善,提出了G.709/Y.1331 Amendment2^[13],将ODU的客户信号进行了扩展,将T-MPLS纳入其中^[14]。图7描述了T-MPLS通过SDH经ODU承载到光信道上以及T-MPLS直接经ODU承载到光信道上的结构图。

7 结束语

作为完全面向连接的分组传送技术,T-MPLS融合了分组网络的灵

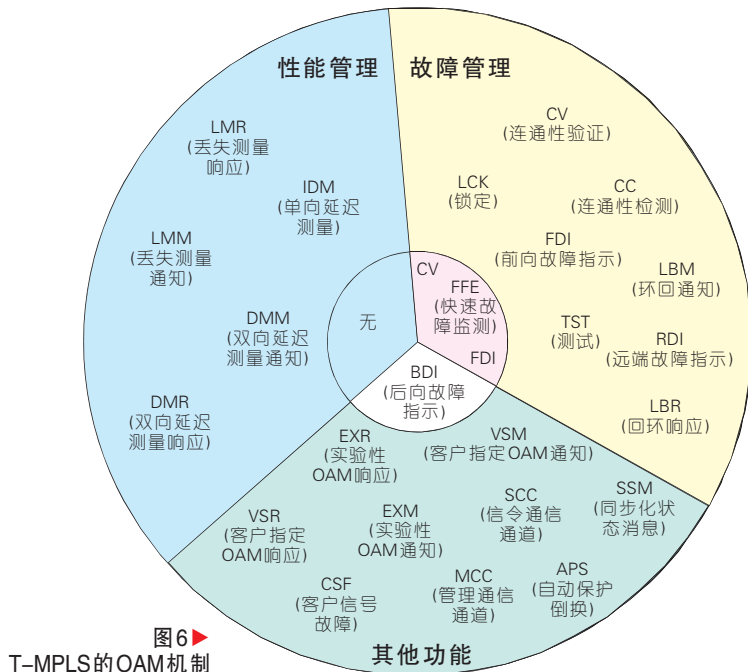


图6 T-MPLS的OAM机制

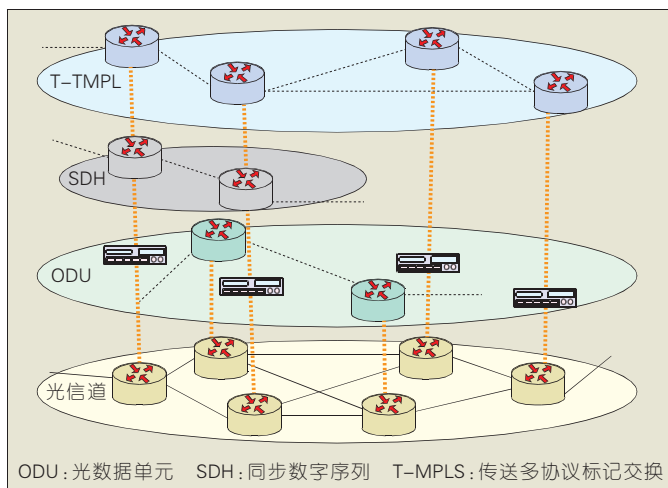


图7
T-MPLS over OTN

活高效、多业务承载特性,继承了传送网良好的生存性和OAM的优点,可以很好的支持CE技术。同时,T-MPLS面临其他分组传送技术(VPLS、PBT)的挑战。作为一项新兴技术,T-MPLS技术的成熟之路离不开标准化组织、网络运营商、电信设备商三者的共同支持。

8 参考文献

- [1] T-MPLS: A new route to carrier Ethernet [EB/OL]. <http://www.tpact.com>, 2007.
- [2] HERNANDEZ-VALENCIA E. T-MPLS: Carrier-class transport for converged optical/packet networks[C]//Proceedings of Optical Fiber Communication and the National Fiber Optic Engineers Conference, Mar 25-29, 2007, Anaheim, CA, USA. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2007: 1-8.
- [3] ITU-T Recommendation G.8110.1/Y.1370.1. Architecture of transport MPLS (T-MPLS) layer network[S]. 2006.
- [4] ROSEN E, REHTER Y, TAPPAN D, et al. MPLS label stack encoding[S]. IETF RFC 3032. 2001.
- [5] Le FAUCHEUR F, LAI W. Multi-protocol label switching (MPLS) support of differentiated services[S]. IETF RFC 3270. 2002.
- [6] AGARWAL P, AKYOL B. Time to live (TTL) processing in multi-protocol label switching (MPLS) networks[S]. IETF RFC 3443. 2003.
- [7] ITU-T Recommendation G.8110.1/Y.1370.1 Amendment 1, Architecture of transport MPLS (T-MPLS) layer network[S]. 2007.
- [8] FU Rong, WANG Yanmeng, BERGER M S. Carrier Ethernet network control plane based on the next generation network[C]//Proceedings of First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, May 12-13, 2008, Geneva, Switzerland. 2008: 293-298.
- [9] ITU-T Recommendation Y.2111. Resource and admission control functions in next generation networks[S]. 2006.
- [10] ITU-T Recommendation G.8131/Y.1382. Linear protection switching for transport MPLS (T-MPLS) networks[S]. 2007.
- [11] Draft ITU-T Recommendation G.8132. T-MPLS shared protection ring(TM-SPRing) [S]. 2007.
- [12] ITU-T New Supplement Y. Sup4. Transport requirements for T-MPLS OAM and considerations for the application of IETF MPLS technology[S]. 2008.
- [13] ITU-T Recommendation G.709/Y.1331 (2003) Amendment 2. Interfaces for the optical transport network (OTN) Amendment 2[S]. 2007.
- [14] ITU-T Recommendation G.8112. Interfaces for the transport MPLS (T-MPLS) hierarchy [S]. 2006.

收稿日期: 2008-09-08

作者简介



曲桦, 西安邮电学院教授, 博士, 主要研究领域为宽带通信网及网络的管理与控制技术。先后主持和参加国家自然科学基金资助项目、国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目和信息产业部项目10余项。已发表论文50多篇, 其中被SCI/EI检索15篇。



赵季红, 西安邮电学院通信工程系教授, 从事新一代网络关键技术、网络的管理与控制技术、网络生存性、自组织网络等方面的研究。主持和参加国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目、国家自然科学基金资助项目5项。



毛宏宝, 西安邮电学院通信工程在读硕士研究生, 研究方向为通信网, 已发表学术论文4篇。

“2008电子百强”强调创新 中兴通讯研发投入比例居百强之首

2008年11月12日, 工业和信息化部发布了2008年电子信息百强企业榜, 中兴通讯凭借一直坚持的高研发投入, 列“研发投入比率”指标百强之首, 综合实力亦一举跃居5强, 排名第4。

百强评比今年对排序标准进行了较大调整, 增加了科技创新方面的考评指标, 并且首次将研发费用、专利总数、发明专利作为单项评选指标, 旨在引导企业不断

加大研发投入, 提升自主创新能力。

据工信部报告, 百强企业研发投入比率超过6%的有11家, 其中, 中兴通讯研发投入比例则高达9.8%, 上海贝尔、华为等公司也超过7.5%, 已与国际高技术企业的研发投入水平接轨。据了解, 中兴通讯研发投入力量一直处于国际领先水平, 不仅有效推动了其在多个领域科技成果的取得, 并为国家填补了多项技术领域空白。目前, 中兴通讯拥有全球专利已超过16 000件, 并入围中国首批创新型企业名单。