

基于 T-MPLS 的路由与波长分配问题研究

梁思远,赵季红,曲 桦

(西安邮电学院,陕西 西安 710061)

摘要:文章介绍了光传送网承载传送多协议标签交换(T-MPLS)的结构,分析了解决基于 T-MPLS 的路由与波长分配(RWA)问题所采用的算法的类型。随后,将基于 T-MPLS 的 RWA 问题分为路由选择和波长分配两个子问题,结合 T-MPLS 技术的特点分别从支持流量工程、多域情况、支持组播和支持区分业务等方面进行研究。

关键词:路由与波长分配;传送多协议标签交换;光传送网;路由;波长分配

中图分类号:TN915

文献标识码:A

文章编号:1005-8788(2009)01-0007-04

Research on T-MPLS based routing and wavelength assignment

Liang Siyuan, Zhao Jihong, Qu Hua

(Xi'an University of Post and Telecommunications, Xi'an 710061, China)

Abstract: This paper introduces the structure of Transport Multi-Protocol Label Switching (T-MPLS) over Optical Transport Networks (OTN) and analyses the types of algorithms for the problems involved in the T-MPLS-based Routing and Wavelength Assignment (RWA). Then, it divides them into two sub-problems, concerning routing and wavelength assignment respectively, and studies them in respect of supporting traffic engineering, multi-domain, multicast and Diff-Serv on the basis of the characteristics of T-MPLS technology.

Key words: RWA; T-MPLS; OTN; routing; wavelength assignment

从目前情况看,现在乃至将来解决网络容量问题还是需要依靠光传送技术的发展。光网络以其巨大的带宽资源和相对低廉的价格显示出强大的传输潜力和经济优势。为了更好地利用光网络的巨大资源,传送多协议标签交换(T-MPLS)作为一个第二层技术可以承载在光传送网(OTN)上。对基于 T-MPLS 的路由与波长分配(RWA)问题的研究涉及到 T-MPLS 网络的传输性能和资源利用率等问题,是 T-MPLS 的一个重要研究方向。本文将基于 T-MPLS 的 RWA 问题分为路由选择和波长分配两个子问题,结合 T-MPLS 技术的特点分别进行论述。在路由子问题方面涉及到多域情况下支持流量工程(TE)的路由问题和支持组播的路由问题,在波长分配子问题方面涉及到基于多域的波长分配问题和支持区分服务(Diff-Serv)的波长分配问题。

1 基于T-MPLS的RWA的研究背景

ITU-T SG15 定义的 T-MPLS^[1]是一种基于多协议标签交换(MPLS)的面向连接的分组传送技术。作为一种分组传送技术,T-MPLS 有着广阔的应用前景。在承载客户层业务方面,T-MPLS 技术作为第二层技术可以通过承载以太网业务,提供电信级以太网业务(Carrier Ethernet)。此外还可

以承载 IP/MPLS 业务,成为电信级分组承载网。而在服务层方面,T-MPLS 可以承载到同步数字系列(SDH)和 OTN 上,但是由于光网络所展示的巨大潜力,随着网络的演进其最终目标是由 OTN 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 月对原有关于 OTN 接口的 G. 709 进行了完善,提出了 G. 709/Y. 1331 Amendment2^[2]。其中重点是对 ODUk 的客户信号进行扩展,将 T-MPLS 纳入其中。图 1 所示为 T-MPLS 通过 SDH 经 ODU 承载到光信道以及 T-MPLS 直接经 ODU 承载到光信道上的结构图。由于 T-MPLS 可以直接或间接承载至光信道上,并且拥有独立的以自动交换光网络(ASON)控制平面为基础的控制平面,所以研究基于 T-MPLS 的 RWA 是非常有意义的。

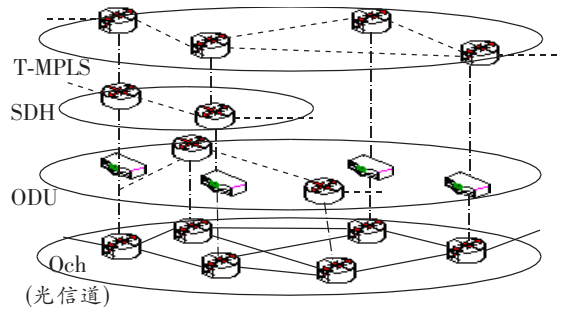


图 1 T-MPLS over OTN 结构图

收稿日期:2008-08-24

基金项目:国家“八六三”计划资助项目(2007AA01Z254);国家自然科学基金资助项目(60572134)

作者简介:梁思远(1983-),男,甘肃兰州人,硕士研究生,主要研究方向为通信网。

解决作为确定多项式—完备问题的 RWA 问题的策略有两种:(1) 并行 RWA 算法,即路由选择和波长分配统一进行,此类 RWA 算法一般用于简单网络的情况;(2) 分解 RWA 算法,即将 RWA 问题拆解为路由子问题和波长分配子问题,分别进行求解。采用分解 RWA 算法可以降低问题的复杂度。分解 RWA 算法是一种更为普遍的解决 RWA 问题的算法思路。本文采用分解 RWA 算法,将基于 T-MPLS 的 RWA 问题分解为路由子问题和波长分配子问题分别进行研究。

2 路由子问题

在解决路由子问题时采用的方法有离线路由计算、在线路由计算和备选路由。通常情况下会采用备选路由的方法,就是预先计算出若干条备选路由,然后当业务到达后依据一定的优化目标在其中选择一条最优路由。T-MPLS 在解决路由子问题时会沿用上述 3 种解决方法。在这个基础上,结合 T-MPLS 本身的特点,从多域情况下支持 TE 的路由问题和支持组播的路由问题两个方面来对基于 T-MPLS 的路由子问题进行研究。

2.1 多域情况下支持 TE 的路由问题

作为由 MPLS 演进而来的 T-MPLS 继承了 MPLS 支持 TE 的优点,T-MPLS 所具有的显示路由和基于标签的交换模式为其支持 TE 提供了有力的技术保障。

在支持 TE 的路由算法方面有许多成熟的算法,其中最具代表性的是针对 MPLS 设计的 MIRA(最小干扰路由算法)以及后来提出的关于 MIRA 的改进算法——L-MIRA(Lexicographic MIRA)。MIRA 和 L-MIRA 都是基于 MPLS 技术的支持 TE 的路由算法。作为支持 TE 的 T-MPLS 技术同样可以采用 MIRA 和 L-MIRA 作为 T-MPLS 支持 TE 的路由算法。

类似于 MIRA 和 L-MIRA 的支持 TE 的路由算法往往需要在基于全网状态信息的基础上进行计算。但是作为一种运营级的传送网技术,T-MPLS 网络将会是一个巨大的网络,这使得任何一个入口边界标记路由器(I-LER)想要维护全网范围内的路由选择相关信息是非常困难的,而且,这还会给信令的处理带来极大的负担,严重影响到路由的计算速度,所以这种情况是不可能实现的。面对此情况只有通过对全网进行分割,形成小的路由域,降低 I-LER 维护信息负担,然后采用分层路由的方法在每

个单独的路由域内进行支持 TE 的路由计算。ITU-T 在 G. 7715 中给出了应用于 ASON 的分层路由的概念与体系结构,分层路由的基本思想^[3]是首先对路由域进行分层,然后利用相应的层间信息交互方式在层与层之间交换路由信息。在进行路由计算时是逐层地进行路由计算,并将计算得到的信息不断地向下一层传递,最终在多域之间建立一条路由。

在利用分层路由进行 T-MPLS 多域情况下支持 TE 的路由计算时,由于并非从全网路由信息的角度出发,而是从单个域的角度出发采用了分布式的路由形式,所以路由计算时容易实现单个域内路由最优,而很难实现全网的路由最优。这也是利用分层路由进行路由计算时很难避免的问题。

2.2 支持组播的路由问题

ITU-T 在 G. 8110. 1 中提出 T-MPLS 支持 P2MP(点到多点)组播技术,但是并没有明确关于 P2MP 组播的任何细节,例如:下一跳标签转发进入、分组复制、数据平面(树或点到点)以及标签的分配和分层等。2007 年 3 月在芝加哥举行的 MFA 论坛会议上,专家认为可以在对 IETF 中关于 MPLS P2MP 组播的 RFC 和 Drafts 进行研究的基础上,完善 G. 8110. 1 中关于 T-MPLS 单向 P2MP 组播连接方面的细节问题。表 1 给出了现有的关于 MPLS P2MP 的草案。

表 1 MPLS P2MP 草案

数据平面	draft-ietf-mpls-multicast-encaps draft-ietf-mpls-ldp-P2MP
P2MP 标签	draft-ietf-mpls-rsvp-te-P2MP
分配协议	draft-ietf-mpls-P2MP-sig-requirement draft-yasukawa-mpls-rsvp-P2MP
上游分配标签	draft-ietf-mpls-upstream-label
支持上游分配标签 RS	draft-ietf-mpls-rsvp-upstream
VP-TE 和 LDP 的扩展	draft-ietf-mpls-ldp-upstream
P2MP OAM	draft-ietf-mpls-P2MP-oam-reqs draft-ietf-mpls-P2MP-lsp-ping

在最新的关于 T-MPLS 体系结构的建议书 G. 8110. 1/Y. 1370. 1Amendment 1^[4] 中给出了 T-MPLS 单向 P2MP 连接的结构示意图,并且根据 IETF 关于 MPLS P2MP 组播的草案对 T-MPLS 所采用的标签分配类型进行了描述,包括“下游分配”或“上游分配”类型。指出基于 P2MP 连接的“上游分配标签”会简化标签的管理。

在 IETF 的草案^[5]中,提出了一种基于资源预留协议(RSVP)信令的应用于 MPLS 的 P2MP 组播

解决方案。如图 2 所示,图中 I-LSR 表示入口标签交换路由器,E-LSR 表示出口标签交换路由器。首先一个 P2MP TE LSP 必须满足多种约束条件,并且由 I-LSR₁ 对 P2MP TE LSP 进行计算。接下来利用树信息建立一条从 I-LSR₁ 到 E-LSR₂、E-LSR₃ 和 E-LSR₄ 的 P2MP TE LSP。在这种情况下作为分支 LSR 的 LSR₁ 需要复制进入的分组和数据,并将复制结果发送给 E-LSR₃ 和 E-LSR₄。如果一个新的接收器(R₅)表示要接收业务流量,这时将会有新的树被确定,并且将会有一个新的从 LSR₂ 到 E-LSR₅ 的 sub-LSP(子标签交换路径)被嫁接到 P2MP TE LSP,同时 LSR₂ 将会变成一个分支 LSR。这种 P2MP 的 TE LSP(流量工程标签交换路径)建立方案具有从现有的 P2MP TE LSP 中加入/删除出口 LSRs 的能力。作为建立 P2MP TE LSP 的机制,该机制还支持所有已经定义的 P2P(点到点)TE LSP 的管理程序。由于 T-MPLS 同样采用 RSVP 信令,所以可以参考这个 P2MP 组播方案,解决 T-MPLS 支持组播的路由问题。

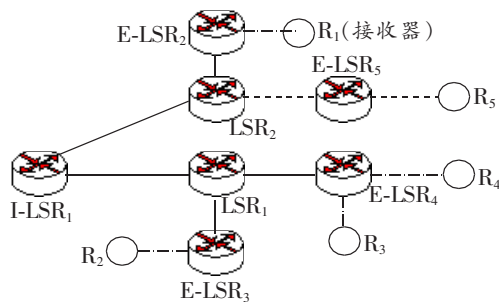


图 2 组播解决方案

3 波长分配子问题

传统的 WDM(波分复用)网络中,在波长选择问题上有许多经典的算法。在 T-MPLS 网络中进行波长分配时会继承 WDM 网络中成熟的波长分配算法,但是这种继承并不是完全的照搬,因为在 T-MPLS 网络中进行波长分配时会遇到多域的问题。此外,在解决 T-MPLS 中波长分配问题时需要考虑到 T-MPLS 支持 Diff-Serv 的情况。

3.1 基于多域的波长分配

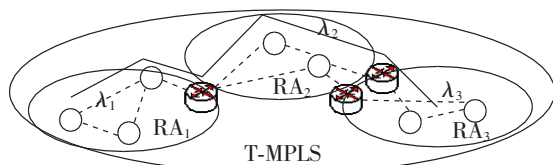
上文中提到在巨大的 T-MPLS 网络中进行路由计算时,让一个 I-LER 维护全网路由相关信息是不可能的。同样,在 T-MPLS 网络中进行波长分配也存在这个问题。而这个问题的解决受到了网络中具有波长转换能力节点的数量和位置的影响。

如果假设在 T-MPLS 网络中不存在具有波长转换能力的节点,由于 I-LER 在维护信息方面的限

制,只能选择随机分配(Random)波长分配算法和首次命中(FF)波长分配算法作为网络的波长分配算法,因为这些算法不需要在掌握全网波长状态信息的基础上进行计算。而像相对容量损失(RCL)和相对最小影响(RLI)这类需要在掌握全网状态信息基础上进行计算的波长分配算法,在这种情况下则不能被选为网络的波长分配算法。

如果 T-MPLS 全网所有节点都具有波长转换能力,在这种情况下已不存在波长分配,而是一种带宽的分配。这时所有的波长分配算法都失去了意义。但是现实中这种情况是很难实现的。

在现实中存在最多的情况是网络中拥有有限数目的具有波长转换能力的节点。这种情况下,同样可以将网络划分成多个域,域的划分可以依据具有波长转换能力节点所处的位置来进行,理想情况是使每个域的边缘节点都具有波长转换能力。这样就可以在每一个单个的域内利用各种波长分配算法进行单独的波长分配计算得到适合的波长,在每个域之间则通过具有波长转换能力的节点以波长转换的方式消除波长一致性约束的影响,如图 3 所示。同时,可以将这种域的划分方法应用到分层路由中域的划分中去,使得路由问题和波长分配问题有机地结合起来。



具有波长转换能力的节点 ○ 普通节点

图 3 多域的波长分配

3.2 支持 Diff-Serv 的波长分配

ITU-T 在 G. 8110.1 中提出 T-MPLS 支持 Diff-Serv,并且支持 RFC3270^[6] 定义的 E-LSP(EXP-Inferred-PSC LSP)和 L-LSP(Label-Only-Inferred PSC LSP)。在支持 Diff-Serv 的波长分配问题研究中,首先在 Diff-Serv 体系的基础上将各种业务依照其各自的特性以及 QoS(服务质量)级别的不同分为 3 类:用来传输实时流量的高 QoS 级别的加速转发(EF)业务、用来传输允许一定丢失程度流量的中等 QoS 级别的保证转发(AF)业务和基本没有 QoS 要求的低 QoS 级别尽力而为(BE)业务。在支持 Diff-Serv 的波长分配算法中,针对上述不同的业务类型进行波长分配时,应与波长分配策略相对应,以满足不同 QoS 级别的业务对于 QoS 的需求。

总的来说在设计支持 Diff-Serv 的波长分配算

法时需要注意两个要点。第一,在对高 QoS 级别的业务进行波长分配时必须尽最大可能满足其 QoS 需求;第二,对低 QoS 级别的业务进行波长分配时,必须在满足高级别 QoS 业务需求的前提下进行。

4 结束语

T-MPLS 是构建新一代分组传送网的核心技术,关于它的许多研究正在进行之中,其中 ITU-T 和 IETF 成立了一个专门的联合工作小组对其进行研究。T-MPLS 的互通性和兼容性在构建运营级传送网中体现出了明显的优势,这种新网络体系将为网络运营商和服务提供商带来新的业务增长点,创造巨大的市场商机。

参考文献:

- [1] ITU-T Draft New Rec G. 8110, 1/Y. 1370, 1-2006,

Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) layer network [5].

- [2] ITU-T Recommendation G. 709/Y. 1331 (2003) -Amendment 2-2007, Interfaces for the Optical Transport Network (OTN) Amendment 2 [S].
- [3] ITU-T Recommendation G. 7715/Y. 1706-2002, Architecture and Requirements for Routing in the Automatically Switched Optical Networks [S].
- [4] ITU-T Recommendation G. 8110. 1/Y. 1370. 1 Amendment 1-2007, Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network [S].
- [5] Seisho Yasukawa . Signaling Requirements for Point to Multipoint Traffic Engineered MPLS LSPs [EB/OL]. <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-mpls-p2mp-sig-requirement-04>, 2005-12.
- [6] IETF RFC3270-2002, Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services [S].

(上接第4页)

- [7] Hong J. Matrix-grating strongly gain-coupled (MC-SGC) DFB lasers with 34-nm continuous wavelength tuning range [J]. Photonic Technol. Letter, 1999, 11(5): 515-517.
- [8] Kotaki Y. Wavelength tunable DFB and DBR lasers for coherent optical fiber communications [J]. IEE Proc. Optoelectron. , 1991, 138(2): 171-177.
- [9] Jayaraman V. Theory, design, and performance of extended tuning range semiconductor lasers with sampled gratings [J]. IEEE J. of Quantum Electron. , 1993, 29(6): 1 824-1 834.
- [10] Tohmori Y. Broad - range wavelength - tunable super - structure grating (SSG) DBR lasers [J]. IEEE J. of Quantum Electron. , 1993, 29(6): 1 817-1 823.
- [11] Raring J W . 40 Gbit / s widely tunable transceiver [J]. IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electron. , 2007, 13(1): 3-14.
- [12] Raring J W. 40 Gbit/s widely tunable low-drive-voltage electroabsorption-modulated transmitters [J]. IEEE J. of Lightwave Technol. , 2007, 25(1): 239-248.
- [13] Robbins D J . A high power , broadband tunable laser module based on a DS-DBR laser with integrated SOA [A]. OFC2004 [C]. Los Angeles, USA;OSA, 2004. TuE3.
- [14] Whitbread N D. AlGaInAs - InP C - Band Tunable DS - DBR Laser for Semi-Cooled Operation at 55°C [A]. ECOC2008 [C]. Brussels, Belgium; Nexus Media Limited, 2008. We. 3. C. 4.
- [15] Isaksson M . 1 0 Gbit / s Direct Modulation of 4 0 nm Tunable Modulated-Grating Y-branch Laser [A]. OFC/NFOEC2005 [C]. Los Angeles, USA; OSA, 2005. OTuE2.
- [16] Xia F. Photonic Integration Using Asymmetric Twin - Waveguide (ATG) Technology; Part I-Concepts and Theory [J]. IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electron. , 2005, 11(1): 17-29.
- [17] Menon V M. Photonic Integration Using Asymmetric Twin-Waveguide (ATG) Technology; Part II-Devices [J]. IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electron. , 2005, 11(1): 30-42.
- [18] Buss J , Amann M C , Blumenthal D J . Tunable Laser Diodes and Related Optical Sources [M]. Hoboken, New Jersey, USA : Published by John Wiley & Sons, Inc, 2005.