

基于 MPLS TE 的多光纤带宽适配算法

孙自翔, 李兴明

(电子科技大学 通信与信息工程学院, 四川 成都 611731)

摘要:针对多光纤链路的光网络,提出了三种带宽适配算法,以更有效地管理相邻设备之间的多根光纤,从而减少光纤使用成本和管理复杂度。根据多光纤链路的剩余带宽特性,提出了三种算法的基本思想,然后在基于多光纤链路的多层多协议交换(MPLS)网络中利用LCRA算法来验证三种算法的性能。三种算法在实现负载均衡、提高网络资源利用效率的同时各有其适用场合。仿真结果表明MFA算法有更低的请求拒绝率,更有利于带宽较小的业务的适配;而BFA和FFA算法更利于带宽较大的业务的适配,但请求拒绝率较高

关键词:光网络;流量工程;MPLS;多光纤链路;带宽适配;路由

中图分类号:TP393

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)08-0071-04

Bandwidth Adaption Algorithms for Multi-fiber Based on MPLS TE

SUN Zi-xiang, LI Xing-ming

(School of Telecommunication and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

Abstract: For optical network of multi-fiber links, three bandwidth adaption algorithms were proposed to manage the fibers between adjacent devices more effectively. Thereby reduce the cost of fibers and managing complexity. First of all, the basic idea of the three algorithms was proposed according to the remaining bandwidth of multi-fiber links. Then the performance of three algorithms were verified in the MPLS network of multi-fiber links using LCRA algorithm. The three algorithms has its own application while balancing overall load and improving resource utilization efficiency. Simulation results show that the MFA algorithm has a lower rejecting rate, more conducive to small traffics to adapt; The BFA and the FFA algorithms is more conducive to traffic of greater bandwidth, but has a higher rejecting rate.

Key words: optical network; traffic engineering; MPLS; multi-fiber link; bandwidth adaption

0 引言

支撑高可信网络体系的是基于光纤的传送网络。近年来,Internet数据业务正呈现指数式增长态势,其光纤骨干网带宽已达到了6~9个月就翻一番的地步,比著名的摩尔定律还要快2~3倍,成为所谓的光纤定律或超摩尔定律^[1]。而且网络容量的增大,使相邻设备之间出现多对光纤连接,增加了光纤使用成本和管理复杂度。数据业务的指数增长伴随着网络现有选路算法的缺陷,很容易造成网络拥塞。虽然电信运营商已经努力通过增加更多的网络资源(如用光纤取代电缆,铺设更多的光纤)来缓解这一矛盾。但这无疑增加了电信运营商的投入成本,而且并不是可以使网络

得以可持续发展的良策。

文中讨论如何建立一种经济有效的光层带宽复用和调度技术,使网络在尽可能负载均衡的同时将各类业务高效、灵活地填充到光纤巨大的带宽通道中去。

MPLS是继IP技术以来的下一代广域网传输技术,它充分利用数据标签来引导数据包在开放的通信网络上高速、高效传输的新技术。它在无连接的网络中引入连接模式,以减少网络复杂性,并且兼容现有各种主流网络技术,而且能大大降低网络成本。在提高IP业务性能的同时,能确保网络通信的服务质量和数据传输的安全性。结合MPLS利用文中提出的带宽适配算法,通过采用比较好的负载均衡路由算法,使链路负载尽可能均衡,这样可以减轻网络资源争夺和网络拥塞,提高网络的整体性能^[2-4]。

传统的路由算法在选路时把两个设备之间的多光纤通道作为一条链路来处理。事实上,相邻设备之间是用多对光纤连接的^[1],为了将业务适配到合适的光纤通道,文中提出三种业务适配算法。每种算法都有

收稿日期:2011-01-10;修回日期:2011-04-08

基金项目:2010中兴通讯基金资助项目(合同号:090016)

作者简介:孙自翔(1985-)男,山东菏泽人,硕士研究生,主要研究方向:宽带网络技术;李兴明,教授,博士,主要研究方向:光纤通信、光交换与自动光网络。

其合适的适用场合。

1 业务的多光纤带宽适配算法

1.1 网络的拓扑结构模型

业务请求用向量 $T = (s, d, B)$, 即(源节点, 目的节点, 带宽)来表示。业务是永久性的而且不可拆分, 只能适配到单一的光纤通道中。

文中所讨论的光网络拓扑中, 节点之间有多条光纤, 把两节点间包含的所有光纤标记为一条双向链路。将光网络表示为有向图 $G(N, L < F >)$, N, L 分别为节点集合和链路集合, F 为一条链路的光纤通道集合。

其邻接矩阵的存储结构如下(记为矩阵 A):

$$\begin{Bmatrix} \text{vector}<\text{Fiber}> & \cdots & \text{vector}<\text{Fiber}> \\ \cdots & & \\ \text{vector}<\text{Fiber}> & \cdots & \text{vector}<\text{Fiber}> \\ \cdots & & \\ \text{vector}<\text{Fiber}> & \cdots & \text{vector}<\text{Fiber}> \end{Bmatrix}$$

其中 Fiber 是一条光纤通道, 保存着光纤的起点、终点、物理带宽、剩余带宽等信息; 多条光纤组成一条链路 vector<Fiber>。

1.2 多光纤带宽适配算法

为了将一个业务适配到链路中某根光纤, 应按照一定的带宽适配算法从光纤束中选出一个满足业务带宽需求的光纤分配给业务。文中主要讨论的适配算法有最佳适配算法、最大适配算法、首次适配算法。算法要求在业务分配时, 光纤束是保存在数组中的。

1.2.1 最佳适配算法(BFA)

(1) 算法要求。

对业务适配时, 从光纤数组中按顺序逐个遍历, 将业务大小与光纤的剩余带宽进行比较, 直到找到最小的剩余带宽不小于业务带宽的光纤。按这种方式适配业务, 既满足业务带宽需求, 又能把业务适配到剩余带宽大小最接近的光纤。

(2) 算法特点。

若存在剩余带宽与业务带宽一致的光纤, 则它必然被选中(此时光纤被完全占用), 若不存在, 则只分配给业务指定的带宽, 从而保护剩余带宽较大的光纤带宽不被分割, 有利于带宽较大的业务的分配。但分配后续业务的时候如果有小业务到达或者剩余带宽恰好满足业务带宽, 则某根光纤带宽就会有被完全占用的可能, 而此时其他光纤仍有很大空闲。光网络不满足负载均衡、资源利用率较低。

1.2.2 最大适配算法(MFA)

(1) 算法要求。

对业务适配时, 从光纤数组中按顺序逐个遍历, 将业务大小与光纤的剩余带宽进行比较, 直到找到最大

的不小于业务带宽的光纤。

(2) 算法特点。

总是把业务适配到剩余带宽最大的光纤。这样使适配之后的光纤的剩余带宽也较大, 可适配其他的业务。而且可使得光纤的负载尽量保持均衡, 资源利用率较高; 但由于剩余带宽最大的光纤总是首先被划分, 不利于带宽较大的业务的分配。

1.2.3 首次适配算法(FFA)

(1) 算法要求。

对业务适配时, 从光纤数组中按顺序逐个遍历, 直到找到一个满足业务带宽要求的光纤为止。

(2) 算法特点。

由于光纤在数组中并没有按剩余带宽进行排序, 这种适配算法适配业务时具有很大的随机性, 既有可能把某根光纤的带宽完全占用, 造成负载很不均衡; 又有可能划分剩余带宽最大的光纤, 使得待分配业务的带宽较大而得不到适配。这种算法的算法复杂度最低。

2 光纤带宽适配算法的具体应用

文献[5]中提到的一种针对 MPLS 网络流量工程的链路关键性路由算法(LCRA)依然是假设链路之间有一条光纤的情况^[5-8], 它并不考虑当链路之间有多条光纤时, LSP 具体是以哪条光纤作为路由通道的。

文中所提出的 LCRA 算法是基于多光纤链路的, 业务具体经过链路的哪条光纤使用上文所述的光纤带宽适配算法。这样使得网络负载在相邻设备之间有多对光纤时也能做到负载均衡、尽可能降低业务拒绝率、减轻网络资源争夺和提高全网利用率, 真正地提高光网络整体性能。

下文所述算法使用的拓扑结构基于上文所述的图 $G(N, L < F >)$ 。 s 和 d 表示图 G 中任意节点, 其中 $s, d \in N, l = < s, d >$ 表示路由器对, 同时表示一条链路 $l, < s, d > \in L, f$ 表示节点对 $< s, d >$ 中的一条光纤, $f \in l, B_f$ 表示光纤 f 上的容量, 链路 l 上的容量为 $C(l) = \sum_{f \in l} B_f, r_f$ 表示任意时刻光纤 f 上的剩余容量, 链路 l 上的容量为 $R_l = \sum_{f \in l} r_f$ 。

在离线计算阶段, 把一条链路 l 中所有光纤看做一个整体, 首先定义所有链路 l 的平均期望负载 $AEL(l)$, 此时, 链路 l 的平均期望负载 $AEL(l)$ 定义为所有节点对 (s, d) 之间的最大流中通过链路 l 的流量与通过这条链路 l 的最大流路径数目的比值。

$$AEL(l) = \sum_{(s,d) \in L} \Gamma_l(s,d)/k \quad (1)$$

式中 $AEL(l)$ 表示链路 l 的平均期望负载, $\Gamma_l(s,d)$ 表

务请求拒绝数(见图2)和所有进出节点对之间被接受请求的带宽总量(见图3)。

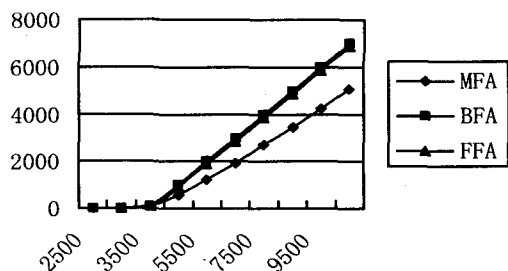


图2 LSP 请求被拒绝数

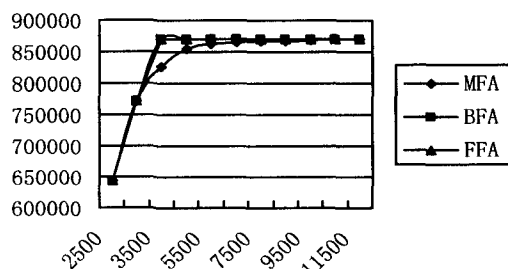


图3 请求接受的带宽总量

表1 被拒绝请求数(“拒绝数”)和接受总带宽(“总带宽”)

请求数	MFA		BFA		FFA	
	拒绝数	总带宽	拒绝数	总带宽	拒绝数	总带宽
2500	0	643469	0	643469	0	643469
3500	101	826714	84	870638	82	869918
4500	578	854911	1020	870770	924	870724
5500	1222	862046	1995	870795	1889	870769
6500	1941	864976	2990	870800	2858	870800
7500	2706	866493	3990	870800	3858	870800
8500	3473	867855	4990	870800	4858	870800
9500	4260	868885	5990	870800	5858	870800
10500	5066	869746	6990	870800	6858	870800
11500	5953	870111	7990	870800	7858	870800

由仿真结果可以看出三种算法的最终网络负载大致相等;而且BFA和FFA算法的曲线基本重合,这说明两种算法的性能在本次仿真中基本相同;业务请求在6500以后,BFA和FFA算法的网络拓扑已经达到饱和,新来的业务完全被拒绝,而MFA算法的接受的请求数还在增长,带宽在逐步增大,但最终仍和BFA和FFA算法请求的总带宽大致相等,这说明BFA和FFA算法更容易适配带宽较大的业务,而MFA算法会容易拒绝带宽较大的业务而适配小带宽业务。

算法的使用场合可以根据业务的特点来选择,如果选择大业务优先,可以选用BFA和FFA算法,否则选择MFA算法。

4 结束语

文中针对多光纤链路的光网络,提出了三种多光

纤带宽适配算法,在此基础上针对MPLS网络用多光纤LCRA算法中来仿真验证三种算法的性能及推测算法的适用场合,以便能够根据业务的特性选择特定的算法,以减少光纤使用成本和管理复杂度。仿真结果表明,MFA算法有更低的请求拒绝率,但适配的都是带宽较小的业务;而BFA算法更利于带宽较大的业务的适配,但请求拒绝率较高。既能最大程度地适配带宽较大的业务又能适配更多的业务的算法有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 龚倩,徐荣,李允博,等. 分组传送网[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:1-32.
- [2] Kodialam M, Lakshman T V. Minimum interference routing with applications to MPLS networks[C]//IEEE Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. [s.l.]:[s.n.], 2000:844-893.
- [3] Wang Yufei, Wang Zheng. Explicit routing for internet traffic engineering[C]//Proc of the IEEE Int'l Conf on Computer Communications and Networks. [s.l.]:[s.n.], 1999:582-588.
- [4] 刘红,白栋,丁炜. 应用于MPLS网络负载均衡的启发式自适应遗传算法研究[J]. 通信学报,2003,24(10):39-45.
- [5] 唐治果,李乐民,虞红芳. 针对MPLS网络流量工程的链路关键性路由算法[J]. 电子与信息学报,2007,29(5):1187-1189.
- [6] 李蓬,黄河. 基于NS2的MPLS流量工程仿真研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(9):53-56.
- [7] 罗恒洋. 基于MPLS的二、三层VPN研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(1):63-66.
- [8] Kar K, Kodialam M, Lakshman T V. MPLS traffic engineering using enhanced minimum interference routing: an approach based on lexicographic max-flow[C]//Proceedings of International Workshop on QoS. [s.l.]:[s.n.], 2000:894-901.
- [9] Wang Bing, Su Xu, Chen C L P. A new bandwidth guaranteed routing algorithm for MPLS traffic engineering[C]//IEEE International Conference on Communications. [s.l.]:[s.n.], 2002:1001-1005.
- [10] Tapolacai J, Fodor P. Class-based minimum interference routing for traffic engineering in Optical Networks[M]//Next Generation Internet Networks. [s.l.]:[s.n.], 2005:31-38.
- [11] 傅俊伟,李兴明,陈捷. 基于背离路径的Kth最短路径实用搜索算法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(2):120-122.
- [12] Goldbug A V, Tarjan R E. Solving minimum cost flow problem by successive approximation[C]//Proceedings of the 19th ACM Symposium on the Theory of Computing. [s.l.]:[s.n.], 1987:7-18.