

基于 MPLS 的 IP 语音网络恢复性能仿真分析*

农丝静, 王宁章, 杨颖

(广西大学 计算机与电子信息学院, 南宁 530004)

摘要: 提出了一种基于 MPLS 的 IP 语音网络恢复性能评估方案, 该方案利用 OPNET Modeler 工具构建一个基于 MPLS 的 IP 语音网络仿真平台, 分析与评估基于 MPLS 的两种故障恢复技术。仿真结果表明, 采用基于 MPLS OAM 技术的快速重路由算法可以有效地缩短流量重路由时间与改进 IP 语音网络服务质量, 验证了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法在 VoIP 网络系统中实现 QoS 性能网络优化的可行性。

关键词: IP 语音; 多协议标记交换; 快速重路由; 网络仿真

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2009)05-1858-02

Simulation analysis of recovery performance in VoIP network based on MPLS

NONG Si-jing, WANG Ning-zhang, YANG Ying

(College of Computer & Electrical Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: This paper presented the evaluation scheme of recovery performance in VoIP Network based on MPLS. It modeled a simulation platform of VoIP network based on MPLS in OPNET Modeler, analyzed and evaluated two failure recovery technique based on MPLS. Simulation results show that using fast rerouting based on MPLS OAM can efficiently decrease delay of traffic rerouting and improve quality of server in VoIP network, and verify that the scheme has feasibility of achieving optimization of network performance in VoIP.

Key words: VoIP; multi protocol label switching(MPLS); fast rerouting; network simulation

0 引言

在下一代网络(NGN)融合的过程中,以各种 IP 电话技术标准构建的 VoIP 网络对网络传输的服务质量(QoS)提出了更高的要求,使得具有良好的 QoS 与流量工程的多协议标记交换(MPLS)技术成为了可扩展的下一代网络研究的热点。现今应用的基于 MPLS 的点到点 1+1 保护切换技术,因需要信令协议的介入,故障点到恢复点的故障指示信令传递导致了不必要的网络恢复延时,不利于应用在有实时语音业务需求的 IP 语音网络系统中。基于 MPLS OAM(基于多协议标记交换的运行、管理、维护)技术的快速重路由(FRR)算法^[1]可以在没有信令介入的情况下,由故障检测点直接对故障链路流量进行重定向,降低了网络恢复延时;然而 MPLS OAM 技术现今还处于初始的发展阶段,只形成少量建议、标准和一些草案;这也导致了利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法来解决实际的网络故障恢复问题思路上的复杂性。国内相关的性能评估工作还处在初期发展阶段,从而限制了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法在 IP 语音网络系统的广泛应用。此外,采用网络仿真软件 OPNET 进行基于 MPLS 的 VoIP 网络建模研发工作,目前在国内还处于起步阶段,仿真实例参考资料缺乏。

本文利用网络仿真软件,采用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法,进行基于 MPLS 的 VoIP 网络建模;对基于 MPLS 的两种网络故障恢复技术——点到点 1+1 保护切换技术与利用

FRR 算法的故障保护技术加以分析与评估,表明了利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法的故障保护技术可以有效地减少流量重路由时间,改进了网络的自愈恢复性能,从而明显地改善有实时语音业务需求的 IP 语音网络系统的服务质量(QoS)。就此验证了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法在 VoIP 网络系统中实现 QoS 性能网络优化的可行性,同时也填补了我国在利用网络仿真软件 OPNET 进行基于 MPLS 的 VoIP 网络仿真案例稀少的空白。

1 基于 MPLS OAM 技术的快速重路由

基于 MPLS OAM 技术的快速重路由(FRR)是一种高效的本地保护标记交换路径(LSP)的网络故障恢复技术,它通过在每个节点上预先建立备用隧道,发生网络失效时用来本地重路由所有标记交换路径,从而可以避免因网络链路或节点故障而引起的通信中断。基于 MPLS OAM 技术的快速重路由^[2]利用了 RSVP 协议^[3,4]为 LSP 隧道分配标记和带宽,并通过使用 CSPF 协议与链路状态协议如 OSPF、IS-IS 计算 LSP 隧道,一旦隧道的显式路径被算出,就可以通过 RSVP-TE 发送信令,更新每条 LSP 隧道的状态。

2 基于 MPLS 的 VoIP 网络建模

本文采用网络仿真软件 OPNET Modeler10.0 进行网络仿真建模,如图 1 所示,两台语音信源主机(voice src1、voice src2)

收稿日期: 2008-07-23; **修回日期:** 2008-09-18 **基金项目:** 广西科技攻关基金资助项目(桂科攻 0330003); 广西自然科学基金资助项目(桂科青 0731023)

作者简介: 农丝静(1979-),女(瑶族),广西大化人,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络规划与仿真(nsjb25@163.com);王宁章(1964-),男,广西容县人,教授,博士,主要研究方向为微电子学与固体电子学;杨颖(1969-),女,天津人,教授,博士,主要研究方向为计算机网络和数据库技术。

同时加载带有静音检测的 G. 711 语音流,分别通过 MPLS 网络建立的两条主隧道到达信宿主机(voice dst1、voice dst2);路由器 LER1 与 LER2 分别为入口与出口边缘标记交换路由器,路由器 LER1 负责将流入端口的语音数据流分别按目的地址指定两种类型的转发等价类(FEC),实现 traffic-FEC-trunk 绑定;同时分别添加相应的交换标签,随后由标记交换路由器 LSR1 LSR9 组成的核心交换网络根据标签对语音数据流进行转发,全网运行动态路由协议 OSPF,处于同一个自治域,网络链路均采用 PPP SONET OC3 型号。

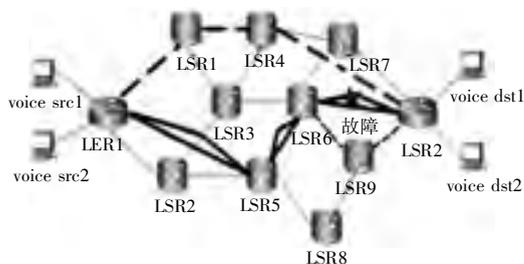


图 1 基于 MPLS 的 VOIP 网络仿真拓扑图

为了对比基于 MPLS 的两种故障恢复技术——点到点 1 + 1 保护切换技术与利用 FRR 算法的故障保护技术对 IP 语音网络的影响,在入口边缘路由器 LER1 与出口边缘路由器 LER2 之间分别通过标记交换路由器 LSR5 与 LSR6,并结合资源预留协议扩展信令(RSVP-TE),建立两条动态的主 LSP 隧道。其中,一条主 LSP 隧道利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法在链路失效时建立一条动态的备份隧道(LSR6-LSR9-LER2)进行局部链路保护;而另一条主 LSP 隧道则通过入口边缘路由器 LER1 并结合点到点 1 + 1 保护切换技术,提前建立一条预定的备份 LSP 隧道(LER1-LSR1-LSR4-LER2)作为失效时的链路保护。通过对 Failure/Recovery 模型块对链路的失效与恢复动作进行定义,令 LSR6-LSR2 之间的链路在仿真运行时间 300 s 处失效,在 420 s 恢复工作。

在仿真运行时间 300 s 失效点处,通过使用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法,创建一条绕过失效链路(LSR6-LSR2)的备份隧道,其创建的过程如图 2 所示。

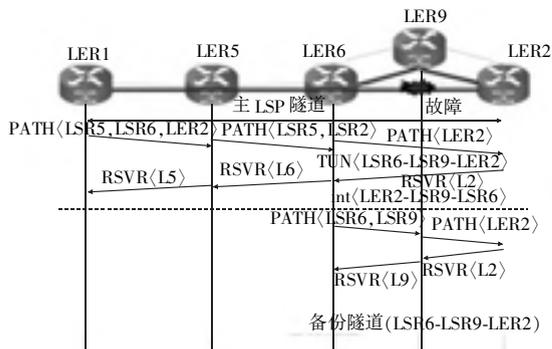


图 2 链路(LSR6-LSR2)失效后利用 FRR 算法建立的备份隧道

如图 2 所示,利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法,设定链路(LSR6-LSR2)为被保护链路,所创建的动态备份隧道起始于被保护链路的上游端路由器(LSR6),终结于被保护链路的下游端路由器(LER2)。一般情况下,被保护链路的上游端路由器也称为局部修理点(PLR),而下游端路由器则称为汇合点(MP)。当链路(LSR6-LSR2)正常时,控制信息与数据流都通过(LSR6-LSR2)传送,备份隧道处于空闲。局部修理点(LSR6)将 RSVP Hellos 信息定期发送给邻近路由器 LER2。

当被保护链路(LSR6-LSR2)失效时,由上游端路由器(LSR6)执行故障检测。此时,因链路失效,LSR6(PLR)未收到 RSVP Hellos 应答,它就会检测到链路失效,采用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法触发备份隧道(LSR6-LSR9-LER2)进入保护活动模式,执行常规的标签交换操作,压入一个标签,并立即使得主 LSP 隧道发生转移,进入至备份隧道实现语音数据流重定向,沿着创建的备份隧道路径(LSR6-LSR9-LER2)进行标签交换,直到到达下游端路由器 LER2(MP)。

被保护链路(LSR6-LSR2)失效时,主 LSP 隧道处于等候状态,运行在 LSR6-LSR2 物理链路的路由协议,检测到物理链路 Down 事件,同时泛洪失效信息到整个网络。通过 OSPF 或 RSVP,网络中创建的 LSP 隧道将收到链路失效通告,试图建立新的绕过失效链路的 LSP 隧道。

3 仿真数据分析

设定仿真时间为 15 min,仿真结束后,查看仿真数据可得出如图 3 所示的分析。

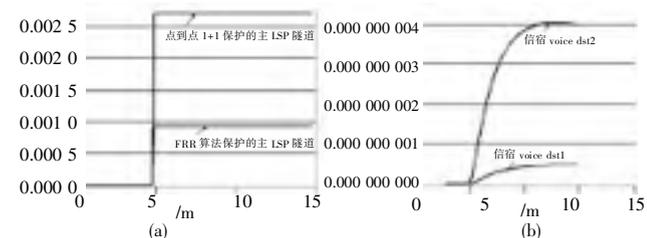


图 3 两条主 LSP 隧道重路由时间与信宿时延抖动的比较图

如图 3(a)所示,当仿真时间至 300 s 时,LSR6-LSR2 的链路失效,两条动态的主 LSP 隧道通过各自的故障恢复技术进行流量重路由,与采用点到点 1 + 1 保护实现链路保护的主 LSP 隧道相比,使用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法实现链路保护的主 LSP 隧道流量重路由所消耗的时间较短,即流量重路由时间加快,两者的重路由时间差距达到 3 倍;由于链路 LSR6-LSR2 在仿真时间 300 s 失效,由信源 voice src1 发送的语音数据流通过利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法实现链路保护的主 LSP 隧道,将语音数据流传送至信宿 voice dst1;而由信源 voice src2 发送的语音数据流通过另一条采用点到点 1 + 1 保护实现链路保护的主 LSP 隧道,将语音数据流转发到信宿 voice dst2;由图 3(a)分析可知,利用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法可以加快流量重路由时间,这使得信宿 voice dst1,相对于采用点到点 1 + 1 保护技术接收语音数据流的信宿 voice dst2,其接收语音数据流的时延抖动数值较小,两者差距达至 4 倍,如图 3(b)所示。

如图 4(a)所示,链路 LSR6-LSR2 失效时间点 300 s 处,由于利用了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法将流量快速重路由至备份隧道,从而加快了流量重路由切换速度,使得采用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法实现链路保护的主 LSP 隧道与另一条采用点到点 1 + 1 保护技术实现链路保护的主 LSP 隧道相比,其通信中断时间缩短,语音数据丢失量降低,因此其总的语音输出平均值相对较高。如图 4(b)所示,链路失效时间点 300 s 处,随着流量重路由时间的加快,使得采用基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法实现链路保护的主 LSP 隧道,相对于采用点到点 1 + 1 保护技术实现链路保护的主 LSP 隧道,其语音流量时延相应有所降低。

Mix-PF 算法的系统效用值,且与理论最优效用值一直保持非常靠近,两者的相对偏差为 4.67%。根据本文第 2 章的分析可知,优化问题 P2 得到的最优效用值是原优化问题 P1 的最优效用值的上界,而 MMU 算法的系统效用值又小于优化问题 P1 的最优效用值。因此,由 MMU 算法与优化问题 P2 所得的系统效用值的相对偏差可推知 MMU 算法得到的系统效用值逼近原优化问题 P1 的最优效用值。

需要进一步研究的内容。

参考文献:

[1] ZHU H J, HAFEZ R H M. Scheduling schemes for multimedia service in wireless OFDM systems [J]. *Wireless Communications*, 2007, 14 (5): 99-105.

[2] LETAIEF K B, ZHANG Y J. Dynamic multiuser resource allocation and adaptation for wireless systems [J]. *IEEE Wireless Communications*, 2006, 13 (4): 38-47.

[3] SONG G, LI Y. Utility-based resource allocation and scheduling in OFDM-based wireless broadband networks [J]. *IEEE Communications Magazine*, 2005, 43 (12): 127-134.

[4] SONG Guo-cong, LI Ye. Cross-layer optimization for OFDM wireless networks-part II: algorithm development [J]. *IEEE Trans on Wireless Communications*, 2005, 4 (2): 625-634.

[5] ZHANG Y J, LETAIEF K B. Cross-layer adaptive resource management for wireless packet networks with OFDM signaling [J]. *IEEE Trans on Wireless Communications*, 2006, 5 (11): 3244-3254.

[6] KUO W H, LIAO W J. Utility-based resource allocation for soft QoS traffic in wireless networks [C]//Proc of IEEE ICC. Istanbul, Turkey: [s. n.], 2006: 5091-5096.

[7] MIAO Guo-wang, HIMAYAT N. Low complexity utility based resource allocation for 802.16 OFDMA systems [C]//Proc of Wireless Communications and Networking Conference. Las Vegas: [s. n.], 2008: 1465-1470.

[8] AGARWAL R, MAJJIGI V, VANNITHAMBY R, et al. Efficient scheduling for heterogeneous services in OFDMA downlink [C]//Proc of IEEE Globecom. Washington DC: [s. n.], 2007: 3235-3239.

[9] SHENKER S. Fundamental design issues for the future Internet [J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1995, 13 (7): 1176-1188.

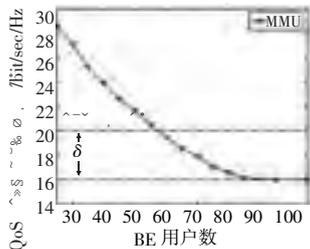


图 5 QoS 用户平均速率与 BE 用户数

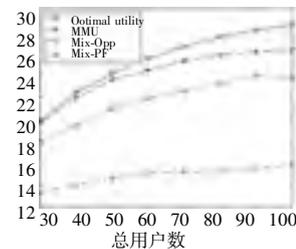


图 6 理论最优效用值与三种调度算法的总体效用值

5 结束语

本文提出了一个基于效用函数的跨层资源调度模型,该模型能够自适应地为 QoS 和 BE 两种业务联合分配资源。通过将原非线性整数规划问题转换为连续松弛凸规划问题,得到最优松弛解,并对目标函数的线性逼近,结合最优解性质,提出了一个性能接近理论最优的高效的动态子载波分配算法 MMU。MMU 算法不仅满足了 QoS 用户的不同速率要求,还为 BE 用户提供了良好的公平性以及较高的吞吐量,且其得到的系统效用值接近理论最优值。然而,实际的无线网络的信道特性、用户流量特性、用户数量,甚至用户的 QoS 需求均动态变化,因此,如何发展基于效用函数的具有较低计算复杂度、较高灵活性的动态资源分配机制,使其更加适应于实际的无线网络,是

(上接第 1859 页)

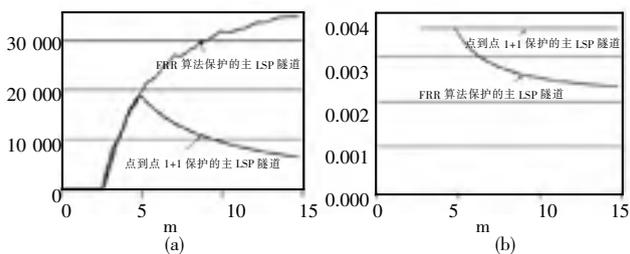


图 4 两条主 LSP 隧道总的语音输出平均值与语音流量时延的比较图

由以上数据分析可知,利用 MPLS OAM 技术的 FRR 算法实现故障保护技术,相对于采用点到点 1+1 保护切换实现故障保护技术,在链路失效时,可以加快流量重路由时间,降低接收语音数据流的目的主机的时延抖动,缩短因链路失效引起的通信中断时间,提高了隧道的语音输出量,并能降低隧道的语音数据时延,从而体现了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法能够优化 VoIP 网络恢复性能的可行性。

4 结束语

本文采用网络仿真工具 OPNET 对基于 MPLS 的 VoIP 网络进行建模仿真,通过对仿真结果进行分析与评估,说明了基于 MPLS OAM 技术的 FRR 算法可以使得链路失效时流量重路

由时间缩短,改进了 VoIP 网络的自愈恢复性能,并使得语音数据流的端到端时延与时延抖动都有明显地改善,实现了对 VoIP 系统 QoS 性能的网络优化。

参考文献:

[1] 刘韵洁,张云勇,张智江. 下一代网络服务质量技术[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

[2] SHARMA V, HELLSTRAND F. Framework for multiprotocol label switching (MPLS)-based recovery [EB/OL]. (2003-02). <http://www.ietp.org/rfc/Rfc3469.txt>.

[3] AWDUCHÉ D, BERGER L, GAN D, et al. RFC 3209, RSVP-TE: extensions to RSVP for LSP tunnels [S]. 2001: 12-29.

[4] BRADEN R, ZHANG L. RFC 2205, Resource ReSerVation protocol (RSVP) version 1 functional specification [S]. 2000: 9-13.

[5] GUICHARD J, FAUCHEUR F Le, VASSEUR J P. MPLS 网络设计权威指南[M]. 陈武,译. 北京:人民邮电出版社,2007.

[6] OSBORNE E, SIMHA A. 基于 MPLS 的流量工程[M]. 张辉,卢伟,译. 北京:人民邮电出版社,2003.

[7] 李馨,叶明. OPNET Modeler 网络建模与仿真[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.

[8] 戚廷伟,孙仁祥,毛崎. 基于 MPLS (多协议标记交换技术) 的 IP QoS 的应用[J]. 微计算机信息, 2003, 16 (8): 71-72.

[9] 苏醒,曲桦,赵季红. 具有 QoS 保证的 MPLS 网络生存性策略[J]. 计算机应用研究, 2007, 24 (6): 306-308.