

多段伪线路组网技术的研究与实现

陈春玲, 张 玲, 张锦跃

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

摘 要:多段伪线路(MS-PW)组网的实现按伪线路交换结点的运营商边界网络设备(SPE)实现伪线路路由的方法可分为静态配置方式和动态伪线路路由选择两种方式。为突出实现多段伪线路组网的关键,主要对各种类型的多段伪线路创建与维护的信令交互过程进行分析;为验证多段伪线路体系实现的正确性,使用 SmartBits 协议分析工具对多段伪线路的组网进行仿真测试。仿真测试的结果表明,对多段伪线路体系的研究与实现是正确、可行的,SPE 能实现数据在伪线路段间的正确路由与转发。

关键词:边缘到边缘的伪线路仿真;多段;伪线路;SmartBits

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)10-0032-04

Research and Realization of Multi-Segment Pseudo-Wire Networking Technology Architecture

CHEN Chun-ling, ZHANG Ling, ZHANG Jin-yue

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: The application of the multi-segment pseudo-wire (MS-PW) network can be divided into two methods by the routing method of PW Switching Provider Edge (SPE): static configuration mode and dynamic pw-routing mode. In order to highlight the focus of MS-PW networking, mainly analyzes the process of the signaling for the establishing and maintaining to each types of MS-PW. In order to verify the realization of MS-PW system, use SmartBits as the simulation tool to test. The result of simulation shows that the function of routing and forwarding for the SPEs is correct. So the research and realization of MS-PW is correct and feasible.

Key words: PWE3; MS; PW; SmartBits

0 引言

经过十余年的更新发展,PWE3 技术逐步完美成熟,技术相关的草案也相继转为正式的 RFC 文档,并在运营商网络中不断得到运用推广。但目前 PWE3 的组网方式相对单一、缺乏灵活性,两个设备间建立单段伪线路方式的组网不能跨越不同类型网络,即便两个设备所处的两不同网络属于同一类型,但由于不同网络间的信息安全问题及流量计费问题,也不允许在两不同网络中建立单段伪线路方式的 PWE3 服务;组网时,单段伪线路(SS-PW)要求设备两两建立 PW 连接,即要实现设备间 PW 的全连接,当设备较多时,整个组网的复杂度及成本也将呈指数上升。提高 PWE3 组网的灵活性、方便性及可靠性是边缘到边缘的伪线路仿真(PWE3)技术能否大范围推广的关键所在。

1 MS-PW 的实现

MS-PW 是由多条 SS-PW 段所组成的,通过 SPE 实现 SS-PW 段间的切换承接。按 SPE 实现 PW 路由选择的方式,多段 PW 组网可以分为静态配置方式或动态 PW 路由选择两种方式。下面将分别对这两种 MS-PW 的实现方式进行实现。

1.1 静态配置方式 MS-PW

静态配置多段 PW^[1]组网指通过手动配置 SS-PW 段的下一跳,实现 PW 的静态路由选择,其核心在于 SPE 上的手动配置互相切换的两条 SS-PW 段。实现时,要求在伪线路终端的运营商边界网络设备(TPE)间的每个 SPE 都必须手工配置各条 PW 段的起始及交换信息。

按 MS-PW 组成成员的 SS-PW 段的种类分,静态配置方式的多段 PW 主要有三种:纯静态 MS-PW、动静态混合 MS-PW、纯动态 MS-PW。

1.1.1 纯静态 MS-PW

纯静态多段 PW,就是指组成 MS-PW 的各成员 SS-PW 段的类型均为静态 PW。在纯静态多段 PW 中,

收稿日期:2011-03-23;修回日期:2011-06-27

基金项目:国家自然科学基金(60773041)

作者简介:陈春玲(1961-),男,江西兴国人,教授,硕士,研究方向为软件技术及其在通信中的应用。

SPE 要实现两条静态 PW 段的连接,只要在配置 SPE 时直接指出切换的两条 PW 就可以了,数据转发面基于 PW-ID 在标签层面上实现两静态 PW 间的相互切换,报文的 PW 标签做 SWAP 操作。

1.1.2 动静混合 MS-PW

动静混合多段 PW,顾名思义,即指 MS-PW 的成员 SS-PW 段中既有静态 PW,也有动态 PW。静态 PW 没有标签分配协议(LDP)信令的交互,在运营商边界网络设备(PE)上,静态 PW 一经配置,若接入链路(AC)及隧道状态为 UP 则立即处于可操作状态;而动态 LDP 需要 LDP 信令交互来实现 LDP 的创建。要实现静态 PW 段与动态 PW 段的连接,关键在于动态 PW 段信令交互的实现。静态 PW 段可以看成是 SPE 的 AC 链路,这样动态 PW 段的信令交互就与单段动态 PW 组网的信令交换是一样的。

1.1.3 纯动态 MS-PW

相比纯静态多段 PW,纯动态多段 PW 就是指 MS-PW 组成成员的 SS-PW 段的类型都是动态 PW。动态 PW 的建立与维护是通过扩展 LDP 实现的,两端 PE 通过信令的交互保证 PW 可用性。多段 PW 中,要在 SPE 实现两动态 SS-PW 段间的切换,就必须通过 SPE 的消息转载,实现两伪线路终端的运营商边界网络设备(TPE)间的信令交互,即 TPE 的信令消息通过 SPE 的转接到达对端 TPE。下面将重点介绍纯动态多段 PW 的信令交互过程。

由于 SPE 在初始时没有任何 TPE 的信息,因此由 TPE 开始 MS-PW 的创建过程。当 SPE 在接收到一端 PW 的任何信令消息后,先将该信令消息做相应的更新、转换,然后立即转发给下一跳 PW。例如,接到映射消息后,由该映射消息形成下一跳 PW 的映射消息,即在映射消息中保留消息 TPE 相关的参数信息,如此,即可以实现两端 TPE 间信息的互知。当然,SPE 在收到映射消息后也在本地保存 TPE 的 LDP VC 信息,以便于进行两端 TPE 接口参数的匹配。

在纯动态多段 PW 中,各种 LDP 信令消息均在 SPE 实现消息的更新、中继转发,即为:根据收到的上一跳 PW 的信令消息的内容,合成下一跳 PW 同种类型的信令消息,除了 FEC 作相应的转换,VC 标签也要改变,然后将合成的新消息在下一跳 PW 中转发^[2]。图 1 所示为纯动态多段 PW 的信令交互图,在 MS-PW 创建时,由 TPE1 触发开始 MS-PW 的创建,即通过

LDP 会话向 SPE 发送 Request 消息及 Mapping 消息,当然这两个消息可以封装在同一个数据报文中。当 SPE 收到该信令消息报文后,对于 Request 消息更新后直接转发到下一 PW 上;而对于 Mapping 消息,将消息中的 TPE1 的 LDP VC 相关信息在本地保存一份,然后对消息做相应的更新并在下一跳 PW 中转发。TPE2 收到消息后,对于 Request 消息,如果 VC 链路可用,收回一个 Mapping 消息;若收到 Mapping 消息,则先对 Mapping 消息进行处理,即在本地保存 TPE1 的 LDP VC 相关信息,再检查 PW 类型、接口参数是否匹配,若匹配则置该 PW 段为可操作状态,并向其所在 PW 段的对端回应一个 Mapping 消息;否则就向接收消息的 LDP 会话回应一个 Notification 消息。TPE2 回复的信令消息经 SPE 更新、中转后转发过 TPE1,若消息为 Mapping 消息,则 SPE 也是先保存 TPE2 的 LDP VC 信息,然后进行参数的匹配,匹配成功则置两 SS-PW 段为可操作状态。当 TPE1 收到 Mapping 消息后也是进行同样的操作,置 PW 段为可操作状态,此时 SPE 与两 TPE 端的 PW 均为可操作状态。若收到的为 Notification 消息,则开始标签的回收过程,即发送 Withdraw 消息并等待对端回应 Release 消息。

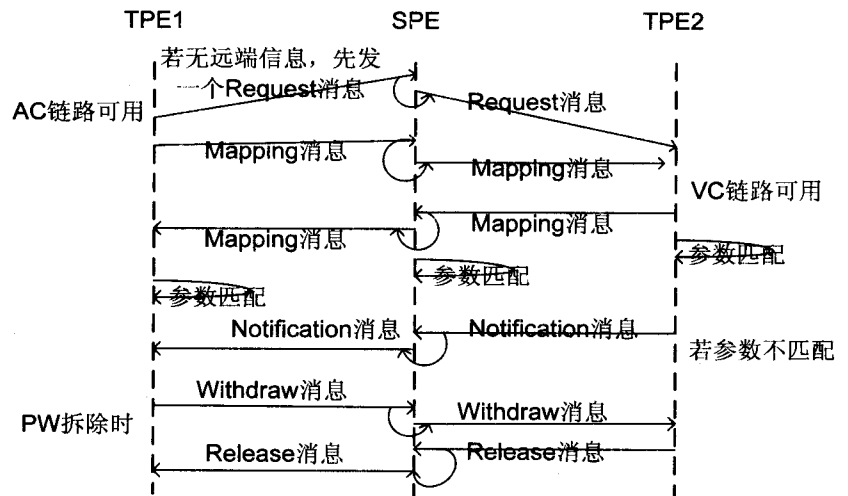


图 1 纯动态多段 PW 的信令交互图

1.2 动态 PW 路由方式 MS-PW

动态路由方式多段 PW^[3]是指组网过程中每个 SPE 自动选择下一跳 PW 的 SPE。当然,组成该种多段 PW 的各条 PW 段均为动态 PW。自动 PW 路由的实现要求 SPE 知道网络的拓扑中所有 SPE 及 TPE 的信息,这与传统 IP 自动路由的情况非常类似。文中主要研究 Generalized PWid FEC 129 类型的 FEC,实现动态路由多段 PW。

1.2.1 PW 路由信息

SPE 动态 PW 路由选择的实现,要求 SPE 具有多路 PW 路径所经过的所有 TPE 及 SPE 的可达信息。

TPE 及 SPE 可达信息可以通过常规的路由协议发布获得:当多段 PW 全在同一自制区域或运营商网络时, PW 路由相关的路由信息可由传统的路由协议(OSPF、IS-IS)获得;当多段 PW 跨不同区域或运营商网络时,则通过 BGP^[4] 协议获取。

一条 PW 由 PW-TYPE 和 AI 唯一确定,而 AI 又由 AGI 及 AII 所组成。由于 SPE 可作为多条 MS-PW 的 SPE,因此在动态路由多段 PW 中,两端 AII 及 SPE 的地址必须是全球唯一的。

SPE 地址的全球唯一性很容易实现,只要为 SPE 分配一个全球唯一的 IP 地址就可以了。AII 的全球唯一有利于 PW 管理、跨自制域或运营商网络通信安全的实现,两端 TPE 不用担心两端 AII 的重叠,在不同域中不用进行 AII 的网络适配,而且还有利于故障的检测与解决。AII TYPE2^[5] 可以让 TPE 很容易地生成一个全球唯一的 AII。该类型的 AII 将运营商网络全球唯一的标识(Global ID)、一个 32 位的掩码及一个四字节的接入链路标签(AC ID)合并成一个全球唯一的 AII 值。如图 2 的 AII TYPE2 的 TLV 封装示意图所示^[6]:AII 由 GlobalID、Prefix、AC ID 三部分组成,这三部分各占四个字节的长度。

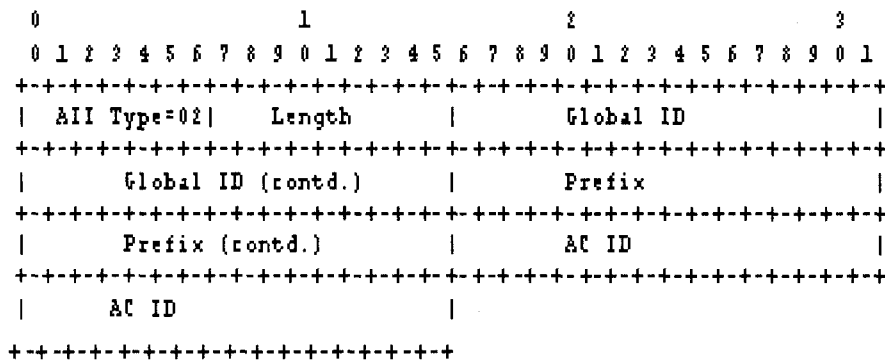


图 2 AII TYPE2 TLV

1.2.2 信令交互

对一个 TPE 来说,VC FEC 由 AGI、SAII 及 TAIL 三部分构成。SPE 获取到 TPE 的 AC 链路地址及其它 SPE 地址信息后,在本地建立 PW 路由表项,以便在为 PW 信令消息选择下一跳 PW 时能进行相应的查找工作^[7]。在建立多段 PW 时,根据收到标签映射消息中的 FEC 的 TAIL 查找本地的 PW 路由表,以便选择映射信令消息的下一跳 SPE,即下一段 PW。若在建立多段 PW 过程中,查 PW 路由表不存在相关表项,即说明 T-TPE 不可达,建立两 TPE 间的多段 PW 失败。下面重点对动态多段 PW 的信令交互过程进行介绍。

建立多段 PW 时,为保证 SPE 为两端 TPE 选择的 PW 路径相同,两 TPE 中只有一端能发起 PW 的建立,该 TPE 即为源端 TPE(S-TPE),而另一端则为目的端 TPE(T-TPE)。规定 S-TPE 到 T-TPE 的方向为转发方向,反过来即为反方向^[8]。S-TPE 与 T-TPE 必须在 PW 信令协议开始前决定下来。确定 S-TPE 与 T-TPE 的规则为:任何一个 TPE 均比较其 SAIL 与 TAIL 的大小,SAII 大则为 S-TPE,TAII 大则为 T-TPE。

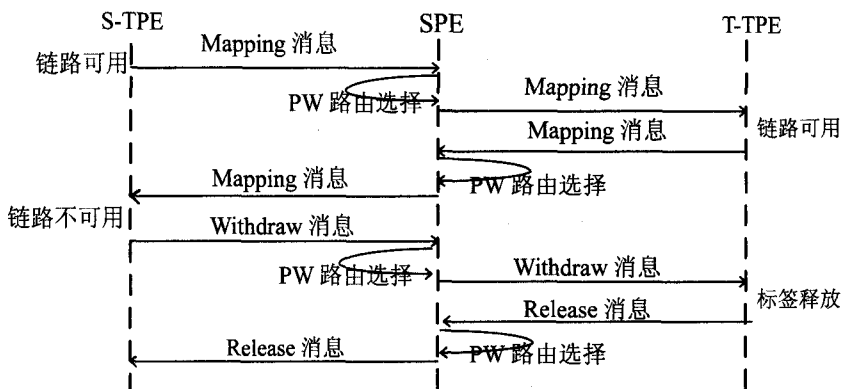


图 3 动态路由方式多段 PW 的信令交互图

图 3 为动态路由方式多段 PW 的信令交互过程^[9]:当 S-TPE 接入链路可用时,发送标签映射消息开始多段 PW 的创建。当 SPE 收到一个映射消息后,根据映射消息的 FEC 的 TAIL 检查本地是否存在一个相同的 AII,若存在则说明该 SPE 为 TPE;若不存在,则

再根据 TAIL 查找其 PW 路由表,看是否存在相应的表项指明到达 TAIL 的下一跳 PE,则为下一跳 PE 申请标签并向下一跳发送标签映射消息开始下一条 PW 段的创建;如果不存在到达 TAIL 的相关信息,即 TAIL 不可达,说明两 TPE 间的 MS-PW 创建失败,则向映射消息发送端回应一个

标签释放消息,消息中携带“AII 不可达”信息^[10]。当 T-TPE 收到一个映射消息后,先在本地保存相关信息,然后进行映射消息的处理过程。且若其链路可用,回应一个标签映射消息。当一个 TPE 链路不可用时,该 TPE 应发送一个标签收回消息,开始多段 PW 的拆除工作。SPE 所进行的工作就是 PW 路由选择,并根据情况形成相应的信令消息,当然中间参插着标签的申请与释放^[11]。

2 实验仿真

图 4 为 SmartBits 的数据转发图,如图所示,用户边界网络设备(CE)CE1 与 CE2 分别使用 SmartBits 上

层测试板卡的1、2端口进行数据的接收与转发仿真测试。图中椭圆标志的区域中,从上往下,1、2端口的第一、二、四层指示灯为绿色,说明1、2端口上不仅物理连接UP,而且两端口间相互转发的数据流都能正常接收,测试结果即表示两端点发送的数据流均能通过TPE间的MS-PW转发给对端,实现了该MS-PW类型多段PW的组网方式。

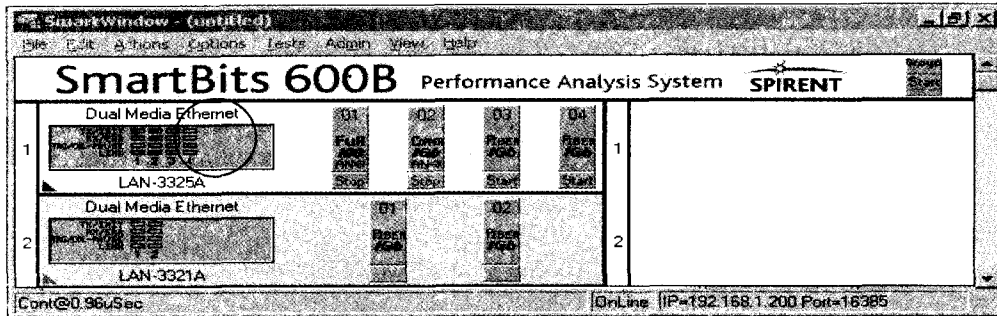


图4 SmartBits的数据转发图

3 结束语

通过各种类型多段PW的仿真测试结果的分析可知,对多段PW的组网方式的实现是正确、可行的。多段PW的实现不仅可以灵活组网,而且可以降低庞大网络组网的复杂度,提高PSN网络的安全性^[12]。但目前多段PW技术并未形成国际通用的RFC协议文档,因此今后还得注意多段实现的技术向正式的协议靠近。

参考文献:

- [1] Xiao Xipeng, Hannan A, Bailey B, et al. Traffic engineering with MPLS in the Internet[J]. IEEE Network, 2000, 14(2): 28-33.
- [2] 曹玉群. 多段伪线路技术[J]. 通信技术, 2010(10): 92-94.
- [3] Rasiah P, Chung Jong-Moon. Traffic engineering optimal routing for LSP setup in MPLS[C]//Midwest Symposium on Circuits and Systems. [s. l.]: [s. n.], 2002: 272-275.
- [4] Zhang R, Bartell M. BGP设计与实现[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005.
- [5] O'Shea D. Pseudo wire, real bridge [J]. Telephony, 2005, 246(2): 24-25.
- [6] 蔡芸芸. 基于MPLS网络的PWE3实现研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2008.
- [7] 宋庆, 刘彦明, 朱永升. MPLS技术的研究[J]. 电子科技, 2007(2): 76-82.
- [8] 方圆. IP/MPLS流量标识与业务质量控制[J]. 数据通信, 2009(1): 40-45.
- [9] 李缓, 安宁. MPLS VPN的关键技术及其应用[J]. 科技信息, 2008(35): 497-604.
- [10] 傅德胜, 肖洁岑. MPLS VPN的实现机制及其配置[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2010(6): 567-572.
- [11] Palmieri F, Fiore U. Securing the MPLS control plane[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3726: 511-523.
- [12] 陈业芳. MPLS技术及发展前景分析[C]//海南省通信学会学术年会论文集. 出版地不详: 出版者不详, 2006.
- [1] J. 军事运筹与系统工程, 2006, 20(1): 18-22.
- [2] 王聪. 军事综合电子信息需求建模方法研究[D]. 南京: 解放军理工大学, 2004.
- [3] 李宗勇, 王智学. 面向业务概念框架的可视化需求获取与建模工具[C]//中国电子学会电子系统工程分会第十三届信息化理论学术研讨会. 安徽, 黄山: 出版者不详, 2006: 268-271.
- [4] 陆建江. 语义网原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] Na Hong-Seok, Choi O-Hoon, Lim Jung-Eun. A Method for Building Domain Ontologies Based on the Transformation of UML Models[C]//SERA2006. New York: IEEE, 2006: 332-338.
- [6] Na Hong-Seok, Choi O-Hoon, Lim Jung-Eun. A Metamodel-Based Approach for Extracting Ontological Semantics from UML Models [C]//WISE 2006. Chongqing: Computer Science, 2006: 411-422.
- [7] van der Straeten R. Inconsistency Management in Model-Driven Engineering - An Approach Using Description Logics [D]. Brussel: Vrije Universiteit Brussel, 2005.
- [8] Berardi D, Calvanese D, Giacomo G D. Reasoning on UML class diagrams [J]. Artificial Intelligence, 2005, 168: 70-118.
- [9] Peter H, Ljiljana S. Consistent Evolution of OWL Ontologies [C]//Proceedings of ESWC 2005. Heraklion: [s. n.], 2005: 182-197.
- [10] Horrocks I, Sattler U. A tableau decision procedure for SHOIQ [J]. Journal of Automated Reasoning, 2007, 39(3): 249-276.
- [11] 董庆超, 王智学, 张爱辉, 等. 基于UML类图模型的一致性检查方法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(10): 85-89.
- [12] 王智学, 董庆超, 陈彬, 等. 基于UML模型的C4ISR系统能力需求分析与验证[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(9): 2167-2171.
- [13] 张爱辉, 王智学, 李宗勇. 基于领域知识的模型检验方法[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(8): 1561-1565.

(上接第31页)