

一种新的用于移动 IP 与 MPLS 结合的无环 LSP 扩展机制^{*}

李 云^{1,2} 杨丰瑞¹ 隆克平¹ 陈前斌¹

(重庆邮电学院光互联网及无线信息网络研究中心 重庆 400065)¹

(电子科技大学抗干扰国防重点实验室 成都 610054)²

摘 要 为了减小 MPLS 与移动 IP 结合时的信令开销、切换时延和切换丢包,人们提出了一种称为 LSP 扩展的移动性管理机制,但它的一个主要问题是扩展的 LSP 可能存在环路。本文首先对扩展 LSP 可能存在环路的问题作了详细分析,然后给出了一种新的 LSP 扩展的环路消除技术,以避免在扩展的 LSP 上出现环路,从而达到节省网络资源,减小分组的时延的目的。

关键词 多协议标签交换,移动 IP,LSP 扩展

A New Loop-Free LSP Extension Mechanism for Integration of Mobile IP and MPLS

LI Yun^{1,2} YANG Feng-Rui¹ LONG Ke-Ping¹ CHEN Qian-Bin¹

(Special Research Centre for Optical Internet & Wireless Information Networks, Chongqing University of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065)¹

(National Defense Key Lab of Anti-Interference Communication Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)²

Abstract A LSP extension mechanism is proposed for integration of mobile IP and MPLS to decrease the signaling overhead and handoff delay and to eliminate the packet loss. For the LSP extension mechanism, some loops may exist in extended LSP. This paper discusses this problem in detail and gives a method to avoid forming loops in extended LSP. The network resources can be saved and the packet delay can be decreased by this method.

Keywords MPLS, mobile IP, LSP extension

1 引言

为了解决移动节点在互联网上的移动性问题,IETF 提出了移动 IP 协议(MIP; Mobile IP)^[1]。MIP 引入了三个新的功能实体:移动节点(MN)、家乡代理(HA)和外地代理(FA),它支持移动节点在不中断通信的情况下由一个子网切换到另一个子网。由于 MIP 要求移动节点在每次切换时都必须向家乡代理注册,因此 MIP 存在切换时延大、信令开销大、切换丢包严重等缺点,尤其是当移动节点远离家乡代理的时候。同时,由于通信对端发往移动节点的分组必须通过家乡代理转发,因此,MIP 还导致“三角路由”。

为了减小 MIP 的信令开销和注册时延,文[2]提出了本地注册机制(RR; Regional Registration),RR 将移动网络分成若干移动网络域,每个域包含多个外地代理并通过网关外地代理(GFA; Gateway Foreign Agent)同外部网络相连,当移动节点在域内由一个外地代理移动到另一个外地代理时,移动节点不需要向家乡代理注册而只需要注册到 GFA,以便减小信令开销和注册时延。

为了避免 MIP 的切换丢包,文[3]提出了平滑切换(SH; Smooth Handoff)机制,SH 在旧的外地代理和新的外地代理之间建立一条临时隧道,通过该隧道,旧的外地代理将在切换过程发到移动节点的分组转发到新的外地代理。

针对 MIP 的“三角路由”问题,文[3]同时提出了路由优

化(RO; Route Optimization)机制,当移动节点的转交地址变化后,RO 通过移动节点的家乡代理将新的转交地址告诉通信对端,通信对端通过该转交地址直接建立到移动节点的当前外地代理的隧道,从而避免在通信对端、家乡代理、外地代理之间形成“三角路由”。

多协议标签交换(MPLS; Multiple Protocol Label Switch)^[4]是一种基于三层边缘路由、二层核心标签交换的技术。IP 分组在 MPLS 域的边缘路由器(LER; Label Edge Router)被分类,并打上标签,核心的标签交换路由器(LSR; Label Switching Router)基于标签转发分组。由于 MPLS 无需执行复杂的基于目的 IP 地址的最长匹配算法,因此,MPLS 可以在很大程度上提高分组的转发速度,并具有良好的可扩展性。同时,MPLS 通过显式路由和基于约束的路由机制支持流量工程和服务质量保证(QoS; Quality of Service)。

MPLS 同移动 IP 结合使网络同时具有 MPLS 和移动 IP 的优点,即既支持节点的移动性,又具有良好的可扩展性,同时具有流量工程和 QoS 能力。文[5]首次将 MPLS 与传统移动 IP 结合起来,家乡代理同外地代理之间通过 MPLS 隧道来转发分组。但由于其结合的是传统的移动 IP,因此要求移动节点在每次切换时都必须向家乡代理注册,其缺点是切换时延大、信令开销大、切换丢包严重等。

针对这些问题,文[6]提出了分级移动 MPLS

^{*} 本文由国家 863 项目(编号:2003AA121540)、国家自然科学基金项目(编号:90304004)、重庆市教委科学技术研究项目(编号:050310)、人事部归国人员择优资助项目和重庆市科委自然科学基金项目(编号:8817)联合资助。李 云 博士,副教授,主要研究方向为无线 ad hoc 网络 QoS、互联网理论技术。杨丰瑞 副教授,博士,主要研究方向为移动通信。隆克平 教授,博导,主要研究方向为宽带通信网理论及技术、光互联网理论及技术。陈前斌 教授,博士,主要研究方向为个人通信技术。

(HMPLS; Hierarchical Mobile MPLS)机制。以减小注册时延和信令开销。文[7]实现了 MPLS 与移动 IP 结合时的平滑切换机制,以减小切换丢包。文[8]讨论了 MPLS 与移动 IP 结合的路由优化问题。另外,文[9]讨论了 MPLS 与移动 IP 结合并同时支持 InterServ^[10]和 DiffServ^[11]体系结构的问题。

为了进一步减小 MPLS 与移动 IP 结合时的信令开销、切换时延和切换丢包。文[12]给出了一种称为标签交换路径扩展(LSP-E; LSP Extension)的新机制,其基本思想是当移动节点由一个外地代理移动到另一个外地代理时,保持现有的标签交换路径(LSP)不变,同时在旧的外地代理和新的外地代理之间建立一条 LSP,通信对端和移动节点之间的通信通过这两条 LSP 合成的新的 LSP 来完成。由于相邻的两个外地代理通常距离较近,因此, LSP-E 具有很小的信令开销,同时能够实现移动节点的平滑切换。但 LSP-E 存在的一个主要问题是扩展的 LSP 可能存在环路。

本文首先对 LSP-E 可能存在环路的问题作了详细分析,然后给出了一种新的 LSP 扩展的环路消除技术,以避免在扩展的 LSP 上出现环路。

本文的第 2 节简单介绍了 LSP-E 的原理并分析了 LSP-E 存在的环路问题;本文第 3 节给出了 LSP-E 的环路消除技术;最后是本文的结束语。

2 LSP 扩展机制及其存在的问题

2.1 LSP 扩展机制

LSP 扩展机制的基本原理如图 1 所示。当移动节点由一个 FA(称其为旧的 FA, OFA)移动到另一个 FA(称其为新的 FA, NFA)时, NFA 向 OFA 发送绑定更新消息, OFA 在收到绑定更新消息后建立到 NFA 的扩展 LSP, 而新的 LSP 由切换前的 LSP 和扩展的 LSP 共同构成。这样, 发到移动节点的分组将通过 OFA 转发到 NFA, 再到移动节点。

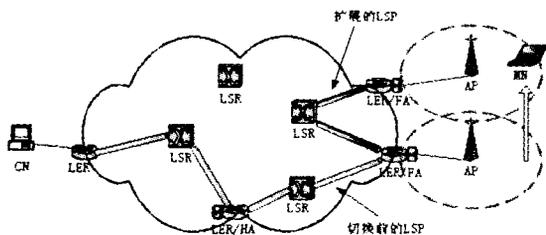


图 1 LSP 扩展机制原理图

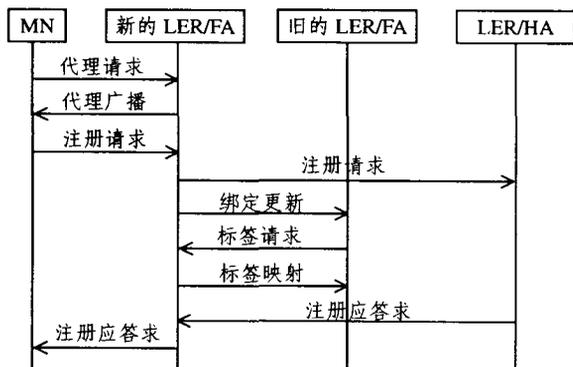


图 2 LSP 扩展机制的消息序列图

图 2 给出了 LSP 扩展机制的消息序列图。当移动节点

移动到一个新的 FA, 它首先通过代理广播消息获得一个新的转发地址, 然后向新的 FA 发送注册请求, 新的 FA 将注册请求消息转发到家乡代理, 并向旧的 FA 发送绑定更新消息。旧的 FA 在收到绑定更新消息后向新的 FA 发送标签请求消息, 新的 FA 在收到标签请求消息后向旧的 FA 返回标签映射消息, 从而建立旧的 FA 和新的 FA 之间的扩展 LSP。

由于 LSP 扩展机制避免了 LER 同 FA 之间的 LSP 重建, 因此 LSP 扩展机制能减小信令开销、减小切换时延。同时, 采用 LSP 扩展也能避免切换过程中的分组丢失。

2.2 LSP 扩展机制存在的问题

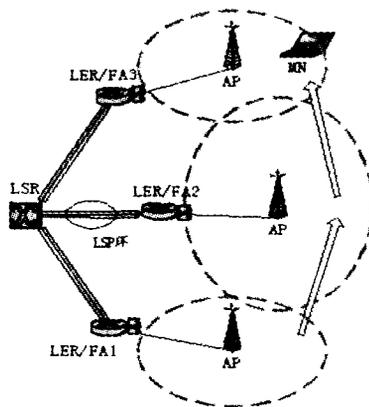


图 3 LSP 扩展形成环路的实例 1

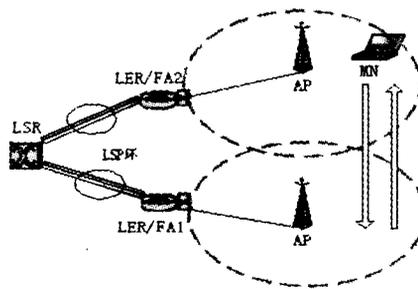


图 4 LSP 扩展形成环路的实例 2

LSP 扩展机制存在的一个主要问题是扩展的 LSP 可能存在环路, 图 3 和图 4 分别给出了在扩展的 LSP 上存在环路的两个实例。在图 3 中, 移动节点由 LER/FA1 移动到 LER/FA2, 再到 LER/FA3。当移动节点由 LER/FA1 移动到 LER/FA2, LSP 扩展机制首先建立 LER/FA1 到 LER/FA2 的扩展 LSP, 即 LER/FA1→LSR→LER/FA2。当移动节点由 LER/FA2 移动到 LER/FA3, LSP 扩展机制再建立 LER/FA2 到 LER/FA3 的扩展 LSP, 即 LER/FA2→LSR→LER/FA3。并将两条扩展 LSP 的简单相加作为 LER/FA1 到 LER/FA3 的扩展 LSP, 即 LER/FA1→LSR→LER/FA2→LSR→LER/FA3, 很显然, 在这条 LSP 中存在环路: LSR→LER/FA2→LSR。而环路的产生正是由于扩展 LSP 机制将两条(或多条)LSP 简单相加形成的。

图 4 给出了移动节点由 LER/FA1 移动到 LER/FA2, 在回到 LER/FA1 的情形, 根据 LSP 扩展机制建立的扩展 LSP 为 LER/FA1→LSR→LER/FA2→LSR→LER/FA1, 在该扩展 LSP 上将存在两个 LSP 环。

扩展 LSP 环路的存在不仅会浪费网络资源, 同时增加了分组时延, 本文的第 3 节将给出一种简单的扩展 LSP 的环路消除方法。

3 扩展 LSP 的环路消除技术

由 2.2 节分析知,由于文[12]给出的 LSP 扩展机制采用逐个 FA 扩展的方式来扩展 LSP,即当移动节点由 FA1 经 FA2, FA3, ..., FA_{x-1} 移动到 FA_x 时,它首先将 LSP 由 FA1 扩展到 FA2,再由 FA2 扩展的 FA3,以其逐跳扩展,直到 FA_x,并将扩展后的 x-1 条 LSP 简单相加作为 FA1 到 FA_x 的 LSP,由于在相加过程没有采用任何环路消除技术,因此,FA1 到 FA_x 的 LSP 可能存在环路。

为了消除扩展 LSP 的环路,我们对文[12]给出的 LSP 扩展机制作如下修改:假定移动节点决定从 FA1 开始采用 LSP 扩展机制,则当移动节点经 FA2, FA3, ..., FA_{x-1} 移动到外地代理 FA_x 时,扩展的 LSP 总是从 FA1 开始建立,即 FA_x 总是将绑定更新消息发到 FA1,再由 FA1 发送标签请求消息到 FA_x,FA_x 在收到标签请求消息后向 FA1 回送标签映射消息,从而建立 FA1 到 FA_x 的扩展 LSP。由于 LSP 的建立采用 LDP^[13] 协议,而 LDP 协议本身具有环路检测能力,因此,利用 LDP 的环路检测能力,我们便能避免在 FA1 和 FA_x 间的扩展 LSP 存在环路。

为了说明修改后的 LDP 扩展机制的工作原理,我们以图 3 为例。当移动节点由 LER/FA1 移动到 LER/FA2 再到 LER/FA3 后,将由 LER/FA1 发送标签请求消息到 LER/FA3,直接建立到 LER/FA3 的扩展 LSP,而非先由 LER/FA2 发送标签请求消息,建立到 LER/FA3 的 LSP 后,再将 LER/FA1 到 LER/FA2 的 LSP 与 LER/FA2 到 LER/FA3 的 LSP 简单相加,作为 LER/FA1 到 LER/FA3 之间的扩展 LSP。

结束语 LSP 扩展机制能有效减小 MPLS 与移动 IP 结

合时的信令开销、切换时延和切换丢包,但其扩展的 LSP 可能存在环路。针对该问题,本文给出了一种新的 LSP 扩展的环路消除技术,以避免在扩展的 LSP 上出现环路,从而达到节省网络资源,减小分组的时延的目的。

进一步的研究工作是分析扩展 LSP 环路消除机制的性能。

参考文献

- 1 Perkins C. IP mobility support. IETF RFC 3344, 2002
- 2 Gustafsson E, Jonsson A, Perkins C E. Mobile IPv4 regional registration. IETF INTERNET DRAFT, 2003
- 3 Perkins C, Johnson D B. Route optimization in mobile IP. IETF INTERNET DRAFT draft-ietf-mobileip-optim-09. txt
- 4 Rosen E, Viswanathan A, Callon R. Multiprotocol label switching architecture. IETF RFC3031. 2001
- 5 Zhong R, Tham C K, Foo C K, et al. Integration of mobile IP and multi-protocol label switching. In: Proc. IEEE ICC 2001, Helsinki, Finland. 2001
- 6 Yang T, Makrakis D. Hierarchical mobile MPLS: supporting delay sensitive applications over wireless internet. Intl. Conf. on Info-tech & Info-net (ICII 2001), Beijing, China, 2001
- 7 Xie QunYing, et al. Handover supporting QoS in MPLS-based hierarchical mobile IPv6 networks. IEEE 58th Vehicular Technology Conf. 2003, 5: 3523~3526
- 8 Choi J K, Lee Y K, Yang S H, et al. Extension of LDP for mobile IP service through the MPLS Network. IETF INTERNET DRAFT draft-choi-mobileip-ldpext-01. txt, 2001
- 9 Kim H, Wong K-S D, Chen W, Lau C L. Mobility-aware MPLS in IP-based wireless access networks. IEEE Global Telecommunications Conf. no. 1, 2001. 3444~3448
- 10 Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated services architecture. Internet Engineering Task IETF RFC1633, 1994
- 11 Blake S, Black D, Carlson M, et al. An architecture for differentiated services. IETF RFC2475, 1998
- 12 ITU Draft Recommendation Y. MIPoMPLS. Mobile IP services over MPLS, 2003
- 13 Andersson L, Doolan P, Feldman N, et al. LDP Specification. IETF RFC 3036, 2001

(上接第 29 页)

训练样本,以 5 天作为仿真样本,对数据进行分析。由于直接输入训练样本会造成较大的误差,所以我们先对样本进行预处理,将其按 10 取对数,再归一化处理,我们设定最大的训练次数为 60000,得到测试结果如图 5 所示。

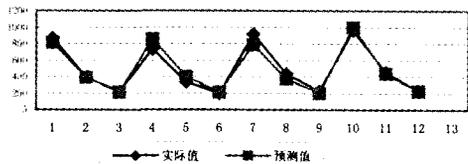


图 5 对聚合数据流的预测值与实际值的比较

从上图可以看到边缘代理可以近似地预测下一时间周期的流量,并主动采取配置行为,这样就可以减小 QoS 协商的时间和次数,减少由于周期性波动而带来的性能降低。

结论 以上叙述了基于智能代理的实体模型和协商结构,并实现了一个基本的原型系统,从上可以看出智能代理与现有的 QoS 协商手段的主要区别有如下几点:首先它是一个协议无关 QoS 协商方法,它与目前研究的 BB^[11] 和流量工程的方案不同,它不涉及配置行为的具体协议,这样就减少了由于不同 QoS 方案相互映射的复杂问题;第二代理的协商是非常灵活的,它的协商方式可以是一对一的串行,也可以是一对多的并行和聚合/区分协商,还可以通过移动代理进行复杂 QoS 任务的并行协商。另外代理的 KQML 交互语言可以灵活地扩展新的要素定义,这样就使网络管理任务的分量极易扩展。代理对 QoS 的管理是一种主动的管理,它可以灵活地结合对流量特征的分析 and 预测预先对资源进行分配,同时还

能够对资源的使用进行最优化调整。

本文提出的一个原型系统方案,主要考虑将现有代理平台与目前的 QoS 机制一种整合,但由于 QoS 管理本身和多代理协同工作的复杂性,所以对于多代理条件下的 QoS 分布式感知,协同决策和全局优化仍需要做进一步的研究。

参考文献

- 1 Sherin m Y, Mohaned A. Integrating mobile agents and swarm optimization for efficient qos management in dynamic programable networks pp 358-363[J]. IEEE Melecon 2002
- 2 Kalaiarul D, Martin C. Transparent Qos Support of Network Applications Using Netlets [A]. In: Proc. of Mobile agents for Telecommunication, Spain October, 2002
- 3 Manuel G, Torsten B. Internet Service Monitoring with Mobile agents, [J]. IEEE Network, May/June 2002
- 4 John W. The Use of RSVP with IETF Integrated Services [EB/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2210.txt>, September 1997
- 5 Schreiber G. 知识工程和知识管理 [M]. 北京:机械工业出版社, 2003
- 6 FIPA Quality of Service Ontology Specification [EB/OL]. <http://www.fipa.org/assets/XC00094A.pdf>, 2000
- 7 Tim M. Draft Specification of the KQML agent-Communication Language [EB/OL]. <http://www.cs.umbc.edu/kqml/kqmlspec/spec.html>, 2000
- 8 MITSURU O. Aglets Specification 1. 1 Draft0. 65 [EB/OL]. <http://aglet.sourceforge.org> September, 8th, 1998
- 9 Keita F. PCAP README [EB/OL]. <http://netresearch.ics.uci.edu/kfujii/jpcap/README>, 2003
- 10 Netherlabs B. Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO [EB/OL]. <http://citeseer.nj.nec.com/correct/20369>, January 1998
- 11 Neilson R. A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment. [EB/OL]. <http://qbone.internet2.edu/bb/>, 2000
- 12 Schelen R. Resource Sharing in Advance Reservation Agents [J]. Special issue on Multimedia Networking, 1998, 7(3,4)
- 13 Pavlou G. QoS management architecture using mobile agents [EB/OL]. <http://www.ee.surrey.ac.uk/CCSR/ACTS/Miami/mobile-agent-qos.html>, Feb, 2000