

基于乒乓切换的预测式快速移动 IPv6 新方案

王红梅, 贾宗璞, 张俊娜

(河南理工大学计算机科学与技术学院, 焦作 454000)

摘要: 针对乒乓切换(移动节点频繁地在PAR和NAR间频繁切换)时, 现有的预测式FMIPv6存在着时延大、丢包率高、信令冗余等问题, 该文提出了一种新的解决方案, 定义了新的Hop-by-Hop选项报头TM, PCoA表和双向隧道表, 并将TM捎带在NAR向PAR发送的最后一分组数据包的确认中, 告知PAR, MN将不久会移回PAR域, 以便PAR提前准备好其与NAR之间以前建立好的双向隧道, 从而达到MN的快速和平滑切换。分析表明, 该方案能有效地解决上述问题, 提高移动用户的QoS。

关键词: 移动 IPv6; 乒乓切换; FMIPv6; 预测式 FMIPv6

Novel Scheme of Predictive Fast Handovers for Mobile IPv6 Based on Pingpang Handoff

WANG Hong-mei, JIA Zong-pu, ZHANG Jun-na

(School of Computer Science and Technology, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo 454000)

【Abstract】 This paper proposes a novel scheme based on pingpang handoff (mobile node's frequent handoff between PAR and NAR) for predictive fast handovers for mobile IPv6 to solve the problems of long latency, high lost packets and excessive signaling redundancy in exiting schemes. It defines a new Hop-by-Hop option header named TM, PCoA table and tunneling table. TM is put in the acknowledgement of the last packets between NAR and PAR, telling PAR that MN would be back to the region of PAR in the near future, and hoping that the previous bidirectional tunneling between PAR and NAR is available, so that MN could implement its fast and smooth handovers. Analysis shows that this scheme is viewed as an effective method to solve the above problems and can improve the quality of service for mobile users.

【Key words】 mobile IPv6; pingpang handoff; Fast handovers for Mobile IPv6(FMIPv6); predictive FMIPv6

针对MIPv6 移动管理协议在移动节点移交过程中所造成的移交时延等问题, IETF制定了RFC文献(Fast handovers for Mobile IPv6, FMIPv6)^[1]。它的主要目的是使移动节点位于前接入路由器(Previous Access Router, PAR)时, 就可以通过PAR得到邻近新接入路由器(New Access Router, NAR)的相关信息, 从而避免移动节点在移交时对路由器通告的等待; 在进行移动节点新的转交地址的配置等工作中, 消除配置NAR的时延; 并在移动节点对NCoA(New Care of Address)进行绑定更新时, 通过PAR为移动节点进行报文转发, 使得移动节点仍能与相关通信节点保持正常通信。预测式快速移交(predictive fast handovers)^[1]是FMIPv6的模式之一, 它的特点是当移动节点(MN)每次接入到新的接入路由器(NAR)之后, 必须在家乡代理(HA)和相关通信节点(CN)处进行完整的注册过程。当MN频繁地在PAR和NAR间频繁切换时, 该模式存在着时延大、丢包率高、信令冗余大等问题, 本文对此进行了详细分析, 并提出了新的解决方案。

1 预测式快速移交

预测式快速移交(PFMIPv6)是FMIPv6草案所描述的是实验移交模式, 在该模式下, 移动节点可以实现平滑切换(图1)。

由图1可知, 移动节点(MN)每次接入到新的接入MN路由器(NAR)之后, 必须向家乡代理(HA)和相关通信节点(CN)进行注册。也就是说, 移动节点一旦连接到接入路由器a并分配了转交地址后, 它便会启动对家乡代理和相关通信节点的绑定更新过程。而即使在该绑定更新过程完成前, 移动节点

就离开了接入路由器a而进入另一接入路由器b, 这个与接入路由器a相关的绑定更新过程也必须被完整地进行。这样, 只有接入路由器a的绑定更新完成之后, 移动节点才能启动针对接入路由器b的绑定更新过程。如果移动节点在PAR和NAR之间频繁地来回切换, 就会造成移动节点向家乡代理(或相关通信节点)的注册过程频繁地发生。在这样的情况下, 显然会导致信令冗余, 切换时延和丢包率也将大幅度增加^[2]。

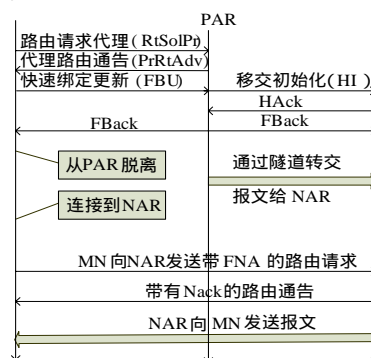


图1 预测式快速移交操作流程

2 问题定义

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(0411010700)

作者简介: 王红梅(1981 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 网络技术; 贾宗璞, 教授; 张俊娜, 硕士研究生

收稿日期: 2007-03-07 **E-mail:** wanghongmei530@yahoo.com.cn

在现有的预测式快速移交模式下，用户的切换时延 $T_{handoff}$ 不仅包括由MIPv6 协议操作引入的时延 T_{mip} ，还包括建立连接的时延 $T_{connection}$ ^[1,3]。

$$T_{handoff} = T_{mip} + T_{connection} \quad (1)$$

$$T_{connection} = T_{MN_PAR} + T_{PAR_NAR} \quad (2)$$

$$T_{MN_PAR} = T_{RrSolPr o} + T_{Pr RIA dv} + T_{FBU} + T_{BACK} \quad (3)$$

其中， $T_{RrSolPr o}$ 是MN向PAR发送的代理路由请求通告时延^[4]； $T_{Pr RIA dv}$ 是PAR向MN回复的路由通告时延^[4]，它们的时延是一样的，随MN和PAR之间的距离增长而增长。

$$T_{RrSolPr o} = T_{Pr RIA dv} = 2\lambda_1 D_1 + n_1 P_{PAR} \quad (4)$$

$$T_{FBU} = T_{BACK} = 2\lambda_2 D_1 + n_2 P'_{PAR} \quad (5)$$

式(4)、式(5)的第1部分是信令的传输时延， D_1 是MN与PAR的传输距离， P_{PAR} 和 P'_{PAR} 分别是PAR处理路由请求和通告及FBU的时延， λ_1, λ_2 是比例系数。所以

$$T_{MN_PAR} = 4\lambda D_1 + n_1 P_{PAR} + n_2 P'_{PAR} \quad (6)$$

$$T_{PAR_NAR} = T_{HI} + T_{HACK} = 2\eta D_2 + m P_{NAR} \quad (7)$$

其中， D_2 是PAR与NAR的传输距离； η 是比例系数； P_{NAR} 是网络节点处理HI和HACK移交启动和移交确认的时延； m 是网络节点个数。

由参考文献[3,5]可知：

$$T_{mip} = 2\xi D_3 + 2T_{wl} + P_{CN} \quad (8)$$

其中， D_3 是NAR和CN之间的距离； ξ 是比例系数； T_{wl} 表示注册消息的无线传输时延； P_{CN} 表示CN(Correspondent Node)处理消息的时延。

式(6)~式(8)中， $P_{PAR}, P'_{PAR}, P_{NAR}, P_{CN}$ 是路由器和MN处理信息所需的时延，为了简化式子，都以 P_R 表示。

由式(1)、式(2)、式(6)~式(8)可知，FMIPv6的切换时延

$$T_{handoff} = 4\lambda D_1 + 2\eta D_2 + 2\xi D_3 + 2T_{wl} + k P_R \quad (9)$$

由式(9)可知，FMIPv6要耗费MN到PAR之间4个距离的时间，PAR到NAR之间2个距离的时间，NAR到CN之间2个距离的时间，这样，随着 $D_i (i=1,2,3)$ 增加， $T_{handoff}$ 会大幅度地增加，而且当MN在PAR与NAR之间频繁地进行切换时，信令冗余将急剧增加，丢包率也会大幅度增长，移动用户所获得的QoS将会急剧下降。

3 基于乒乓切换的预测式FMIPv6新方案

3.1 主要思想

当MN在PAR和NAR间频繁切换(即乒乓切换)时，定义一新的IPv6 Hop-by-Hop选项报头，并将其捎带在NAR向PAR发送的最后一分组数据包的确认中，告知PAR，MN不久将会移回PAR域，以便PAR提前准备好其与NAR间之前建立好的双向隧道，实现MN的快速平滑切换。移交切换如图2所示。图2中，是MN从PAR移到NAR；是NAR移回PAR。

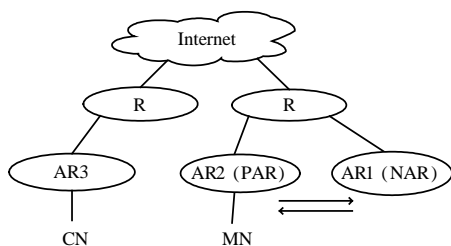


图2 MN在PAR与NAR间频繁切换示意图

3.2 TM报头的定义

新定义的IPv6 Hop-by-Hop选项报头，称之为TM(Tunneling Message)报头。由于TM是NAR向PAR对最后一分组数据包进行确认时发送的消息，将TM报头放入NAR对PAR的数据包确认中。这不仅最大限度地利用已有信令，还能在业务数据发送前建立好连接。TM报头的定义采用类型—长度—值(TLV)的编码方式。如图3所示。

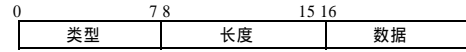


图3 TM报头定义

图3中各域的设置和含义如下：

(1)类型。占8位，前3位为0，表示当路由器不认识该选项时，可以忽略，且该选项不能改变到达目的地的选路，后5位设置为表明报头的类型为TM报头，其值可以选择尚未使用的Hop-by-Hop选项报头的编码值^[6]。

(2)长度。占8位，以字节为单位，标识TM报头的后续各域的总长度。

(3)数据。选项数据对应的是TM选项类型的数据值，其值也可以选择尚未使用的Hop-by-Hop选项报头的选项数据的编码值^[6]。

3.3 PAR隧道状态表

由文献[7-8]引入新的概念：PAR隧道状态表。该表用于记录其与多个NAR之间的隧道连接信息，连接状态为1：PAR与NAR之间的单向隧道是通的，如表1中PCoA1~NCoA2；连接状态为0：PAR与NAR之间的单向隧道是阻塞的。在规定时间内，如果连接状态被置为1，则可启动该单向隧道，否则该隧道被阻止。只有当PAR和NAR2个隧道表的连接状态都是1时，才表示该双向隧道已被启动。NAR也建立相似的NAR隧道状态表，表结构同表1。

表1 PAR隧道表定义

连接状态	PAR IP 地址	PAR 端口	NAR IP 地址	NAR 端口
连接 1	PCoA1	1	NCoA2	2
连接 2	PCoA2	2	NCoA5	5
...

3.4 改进的操作流程

改进的操作流程如图4所示。

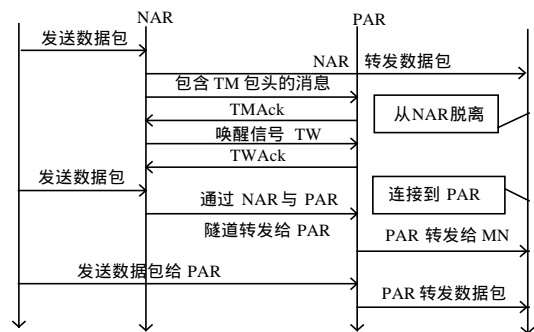


图4 改进的操作流程

(1)MN第1次从PAR移到NAR，完成了与NAR的绑定更新(BU)，该过程按FMIPv6进行。

(2)PAR标记该最后的分组，通过隧道向NAR转发数据分组，直至发送完最后一个分组。

(3)NAR向PAR发送确认，在对最后一分组进行确认时捎带发送包含TM报头的消息：MN不久还要回到原来的域，希望得到原PAR的服务。

(4)PAR收到消息后，向NAR发送确认TMAck，同时在PAR表中，将PAR和NAR的隧道状态置为0，即不立即撤

销其与 NAR 建立好的双向隧道,而是等待唤醒。

(5)当 MN 从 NAR 又回到 PAR 时, NAR 就向 PAR 发送一唤醒信号 TW,并在 NAR 表中,将 NAR 与 PAR 的隧道状态置为 1。

(6)PAR 向 NAR 发送确认 TWAck,并将 PAR 表中的 PAR 与 NAR 隧道状态置为 1。

这样 PAR 和 NAR 之间的双向隧道就启动了, NAR 就可以通过隧道向 PAR 发送数据分组了。

3.5 若干问题及解决办法

(1)在 PAR 连接多个移动主机的情况下, PAR 用 PCoA1 转发 CN 向 MNa 发送的数据分组。在 MNa 离开 PAR 的规定时间内,若有另一个 MNb 向 PAR 注册,为了避免把 PCoA1 分配给 MNb, PAR 建立 PCoA 表(表 2)。

表 2 PCoA 表的定义

现在正在使用的 PCoA	最近使用的 PCoA	很长时间未使用的 PCoA
PCoA5	PCoA1	PCoA2
PCoA6	PCoA3	PCoA4
...

PAR 从 PCoA 表中的很长时间未使用列选择一个 CoA 即 PCoA2 或 PCoA4 分配给 MNb,而不是最近使用列中的 PCoA1 或 PCoA3。NAR 也建立 NCoA 表,和 PCoA 表结构相同。

(2)PAR 和 NAR 之间的双向隧道维持时间 T 应选一个合适的值。因为时间过长,若 MN 未回到 PAR,则会加重 PAR 和 NAR 负荷,造成资源浪费,影响网络性能;时间过短,则在 MN 未回到 PAR 时,隧道就解除了,两路由器所做的工作都白费了,也造成资源浪费。时间 T 的大小取决于 MN 的平均移动速度,或移动频率 V,这个 V 通常我们是可以预测出来的,从而可以预先设定。

(3)按照预测式 FMIPv6,当 MN 发生切换时,要求新转发地址的配置和重复地址检测过程,而本文所讨论的范围是 MN 在 PAR 和 NAR 之间来回频繁切换的情况,根据 PCoA 表和 NCoA 表,AR(Access Router)知道哪些地址是可分配的,因而并不需要这个过程。

4 结束语

本文定义了新的 IPv6 Hop-by-Hop 选项报头 TM, PCoA 表和双向隧道表,使用已有的 PAR 与 NAR 之间的双向隧道

(上接第 147 页)

略可以有效地降低文件传输延时,提高了匿名通信系统的实用性,使其具有较强的抵抗节点失效的能力。

匿名技术始终受到各种匿名攻击方式的挑战。TreeMix 系统采用了动态中继组方式,路径上的攻击者可以在后继中继组内有目的地选择工作节点,增加了一些攻击方式,例如前驱攻击和通道重建攻击的成功机率。笔者下一步的工作将在 TreeMix 系统中设计合适的填充流量策略,探索合理的通道重建方式,提高 TreeMix 系统的抗攻击能力,保证该系统在各种形式匿名攻击下的匿名性能。

参考文献

[1] Reiter M K, Rubin A D. Crowds: Anonymity for Web Transactions[J]. ACM Transactions on Information and System Security, 1998, 1(1): 66-92.
[2] Rennhard M, Plattner B. Practical Anonymity for the Masses with Morphmix[C]//Proc. of the 8th International Conference on Financial Cryptography. Heidelberg: Springer-Verlag, 2004.

为 MN 快速转发报文。建立的预测式快速移动 IPv6 新方案具有如下优点:

(1)在预测式 FMIPv6 中, MN 依靠接入点底层信号的强度等信息来判断,自己何时向多个 NAR 的哪个 NAR 进行移交,这将会产生一个移动探测时延。而所提方案也有相同的操作过程,不同的是 MN 不用判断向多个 NAR 的哪个 NAR 进行移交,而是直接移接到 PAR。这将简化 MN 移交的操作,更易于实现。

(2)和预测式 FMIPv6 相比,所提方案省略了新转发地址的配置和重复地址检测过程,节省了转发地址配置时延。

(3)和预测式 FMIPv6 相比,本方案利用 PAR 与 NAR 之间的双向隧道转发报文,因而完全不需要 MN 向家乡代理(HA)和相关通信节点(CN)反复注册的过程。这个特点不仅减少了 MN 的切换时延,而且有效地减少了切换所产生的信令。

参考文献

[1] Koodli R. Fast Handovers for Mobile IPv6[DB/OL]. (2005-07-02). <http://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc4068.txt>.
[2] 王峰. 移动 IPv6 网络中移动节点移交方案仿真分析[D]. 成都: 电子科技大学, 2005.
[3] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6[DB/OL]. (2004-06-23). <http://www.ietf.org/rfc/rfc3775.txt>.
[4] Narten T, Nordmark E, Simpson W. Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)[DB/OL]. (1998-12-14). <http://www.ietf.org/rfc/rfc2461.txt?number=2461>.
[5] 王胜灵, 侯仪宾, 黄建辉, 等. 一种移动 IPv6 与多协议标签交换融合的新方案[J]. 西安交通大学学报, 2005, 39(8): 841.
[6] Deering S, Hinden R. Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification[DB/OL]. (1998-12-19). <http://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2460.txt>.
[7] Lau J, Townsley M, Goyret I. Layer Two Tunneling Protocol-Version 3 (L2TPv3)[DB/OL]. (2005-03-03). <http://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc3931.txt>.
[8] Huitema C. Teredo: Tunneling IPv6 over UDP Through Network Address Translations (NATs)[DB/OL]. (2006-02-27). <http://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc4360.txt>.

[3] Freedman M J, Morris R. Tarzan: A Peer-to-Peer Anonymizing Network Layer[C]//Proceedings of the 9th ACM Conference on Computer and Communications Security. Washington, D. C.: [s. n.], 2002.
[4] 邹亮亮, 董健全. 基于 P2P 网络的匿名通讯技术的研究与实现[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(2): 354-357.
[5] Li Zhuang, Feng Zhou, Ben Y, et al. Cashmere: Resilient Anonymous Routing[Z]. (2006-10-12). <http://www.cs.ucsb.edu/~rave/nben/publications/pdf/cashmere-nsdi05.pdf>.
[6] Zhu Yingwu, Hu Yiming. TAP: A Novel Tunneling Approach for Anonymity in Structured P2P System[R]. Department of ECECS, University of Cincinnati, 2003-09.
[7] 李智昕, 董健全, 李威. 新的匿名通信机制: 基于 P2P 的匿名 Socket 研究[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(15): 168-170.
[8] Scarlata V, Levine B N, Shields C. Responder Anonymity and Anonymous Peer-to-Peer File Sharing[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Network Protocols. [S. l.]: IEEE Press, 2001.

