

# 基于邻居信息表的移动 IPv6 切换研究

邱述威<sup>1</sup>, 张霖<sup>1</sup>, 周健<sup>2</sup>, 黄建<sup>1</sup>

(1. 安徽建筑工业学院信息中心, 合肥 230022; 2. 合肥工业大学网络中心, 合肥 230009)

**摘要:** 分析标准移动 IPv6(MIPv6)的快速切换机制, 提出一种基于邻居信息表的移动 IPv6 快速切换解决方案。通过预配置和定时更新的方法使移动节点提前获取将要进入目标有限区域的信息表——邻居信息表, 从而缩短切换中过程转交地址唯一性验证时间及移动检测延迟时间, 降低切换过程中的丢包率。仿真结果表明, 该机制不额外占用网络资源, 能够减少切换过程中的丢包率和切换延迟时间。

**关键词:** 移动 IPv6; 邻居信息表; 快速切换

## Study of Mobile IPv6 Handoff Based on Neighbour Information Table

QIU Shu-wei<sup>1</sup>, ZHANG Lin<sup>1</sup>, ZHOU Jian<sup>2</sup>, HUANG Jian<sup>1</sup>

(1. Information & Network Center, Anhui Institute of Architecture and Industry, Hefei 230022, China;

2. Network Center, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**【Abstract】** The standard Mobile IPv6(MIPv6) fast handoff scheme is analyzed. A neighbour information table-based fast handoff scheme for MIPv6 is proposed. Through pre-configured and regularly updated way to let Mobile Node(MN) get ahead of target limited areas of information table, called neighbour information table. It switches process with a neighbour information table to shorten the uniqueness of the care-of address verification and testing of time delay, reduce the packet loss rate in the handover process. Simulation results show this mechanism does not take up additional network resources. It reduces the packet loss rate and cuts down the switching process of switching delay time.

**【Key words】** Mobile IPv6(MIPv6); neighbour information table; fast handoff

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.06.031

### 1 概述

随着移动通信技术的迅速发展和手机、PDA、笔记本等便携式智能终端的广泛普及。如何使移动节点 MN 在移动的过程中仍能保持网络接入和持续的通信成为一个亟待解决的问题。移动 IPv6 协议(Mobile IPv6, MIPv6)<sup>[1]</sup>是下一代网络实现无缝漫游的一种基本技术, 它能够使移动节点(Mobile Node, MN)在异构网络中随意移动和漫游而保持较好的持续通信能力, 它解决了人们对频繁切换网络而保持持续通信的这种需求。IETF 于 1996 年 11 月公布了第 1 个移动 IPv6 协议草案, 经过 24 个版本的改进, 于 2004 年 6 月将移动 IPv6 协议(MIPv6)提升为标准<sup>[1]</sup>。但由于现有的移动 IPv6 协议存在切换延迟大, 安全性不确定, 且分组丢包率较高等诸多缺点, 无法满足对延迟大敏感的实时应用和对数据丢失敏感的应用<sup>[2]</sup>。因此, MIPv6 的研究一直是一个热点问题, 如何使得 MN 在基于移动 IPv6 的无线接入网中切换时保持流畅的、持续的通信又更为重要。针对上述问题, 本文通过分析标准移动 IPv6(MIPv6)快速切换机制, 提出一种基于邻居信息表的移动 IPv6 快速切换机制。这种机制借助邻居信息表缩短了转交地址唯一性验证时间和检测延迟时间, 达到了降低丢包率和减少延迟的效果。

### 2 移动 IPv6 快速切换机制分析

为了使移动节点在移动时仍然保持传输层的连接, 移动节点必须始终保持一个固定的 IP 地址。这个地址就是家乡地址(home address)。家乡地址是用来识别端到端连接的静态地址, 不管移动节点移动到何处, 其家乡地址始终保持不变。另一方面, 由于移动节点的移动性, 要想使通信顺利进行,

移动节点还必须绑定另一个 IP 地址, 即转交地址(care of address), 发往移动节点的数据包由这个地址来转交。转交地址可以被认为是移动节点拓扑结构意义上的地址。与家乡地址网络部分匹配的子网被称为移动节点的家乡网络(home network), 而其余子网称为移动节点的外地网络(foreign network)。家乡网络上有一个路由器, 记录了移动节点的家乡地址与转交地址的绑定信息, 这个路由器叫家乡代理(Home Agent, HA)。在基本移动 IPv6 协议中, 移动节点在不同网络间切换时需要经过移动检测、新转交地址配置、重复地址检测、绑定注册过程, 这造成了较大的切换延迟<sup>[3-4]</sup>。当移动节点离开家乡网络切换到外地或者在不同的网络间切换时, 移动节点检测到自身已切换到新网络后, 配置当前网络的转交地址, 经过重复地址检测验证地址唯一后, 向家乡代理(HA)发送绑定更新消息(BU)<sup>[5-6]</sup>。家乡代理绑定移动节点的家乡地址和转交地址, 向移动节点发送绑定确认消息(BA)。移动节点向通信节点发送绑定更新消息, 以便与通信节点直接建立连接。在切换过程中, 移动节点处于不可达状态。基

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60873194); 安徽高校省级自然科学基金研究基金资助重点项目(KJ2009A61); 安徽省教育厅自然科学基金资助重点项目(KJ2009A61); 安徽省高等学校青年教师科研基金资助项目(2008jql086); 安徽省高等学校省级优秀青年人才基金资助项目(2009SQZR101)

**作者简介:** 邱述威(1975—), 男, 讲师、硕士, 主研方向: IPv6 网络, 移动 IPv6 切换策略, QoS; 张霖, 副教授; 周健, 副教授、博士; 黄建, 助教、博士

**收稿日期:** 2010-07-09 **E-mail:** qiusw@aia.edu.cn

本移动 IPv6 协议中存在切换延迟长、数据丢失率高和信令负载大等问题。基本移动 IPv6 协议切换过程如图 1 所示。

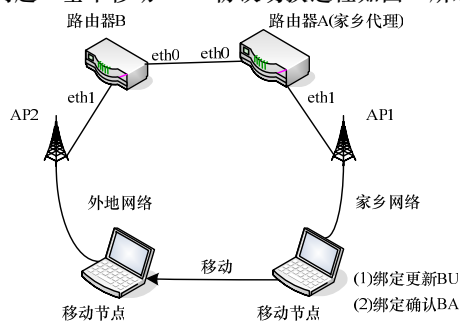


图1 基本移动 IPv6 协议切换过程

基本移动 IPv6 的切换延迟包括移动检测延迟、转交地址配置与重复地址检测延迟和绑定注册延迟。移动检测延迟是指移动节点发现自身切换到新的网络所需要的时间, 用  $T_{Detect}$  表示; 转交地址配置延迟是指移动节点配置新网络的转交地址、做重复地址检测确保地址唯一所需要的时间, 用  $T_{Coa}$  表示; 绑定注册延迟指的是移动节点切换到新网络后, 向家乡代理发送绑定更新消息, 注册它当前的转交地址, 并等待家乡代理回送绑定确认消息的过程所经历的时间, 用  $T_{BU}$  表示, 网络层切换延迟包括  $T_{Detect}$ 、 $T_{Coa}$  和  $T_{BU}$ , 用  $T_{L3}$  表示, 即  $T_{L3} = T_{Detect} + T_{Coa} + T_{BU}$ ; 链路层切换延迟指的是移动节点从物理上离开一个网络到接入到另一个网络所需要的时间, 用  $T_{L2}$  表示。移动节点切换时经历的总切换延迟包括  $T_{L2}$  和  $T_{L3}$ , 即总延迟时间  $T = T_{L2} + T_{L3}$ 。其中网络层切换延迟时间较长, 是影响移动 IPv6 切换性能的主要因素。

### 3 基于邻居信息表的移动 IPv6 切换机制

根据上边的分析可以看出, 网络层切换延迟时间是制约移动 IPv6 切换性能关键因素之一。当 MN 从一个 AP 覆盖区域移动到另一个 AP 覆盖区域时, AP 之间需要通过广播消息来确认 MN 所在区域归属。这一过程会产生大量的广播消息, 占用大量的通信信道, 因为 MN 的移动性导致它不能确定所到达的 AP 区域, 所以这一过程必然占用大量的时间, 造成延迟。虽然 MN 移动的目标覆盖区域具有不确定性, 但它只可能移动到它的邻近的 AP 覆盖区(在此称为邻居)。如果它不能移动到邻居 AP 覆盖区域, 此时通信就会发生中断, 出现所谓的通信盲区。本文假设 MN 移动区域没有通信盲区。当 MN 在一个 AP 覆盖区域移动时, 它可能移到的目标 AP 覆盖区的情况是有限种, 并且这种有限种区域可以提前预知。因为 AP 是已经存在的, 其邻居 AP 也是可以确定的。MN 的移动区域以及可能切换进入的区域, 是一个有限集合, 这个集合定义为 MN 移动区域集合。

结合上文的分析, 建立数学模型。MN 移动区域集合用有限集  $\Phi$  来表示,  $\Phi$  中的元素包括当前 AP 用  $a$  表示以及当前 AP 所有的邻居 AP 用  $\Phi_1$  来表示, 它是  $\Phi$  的一个子集。它们之间的集合关系可以表示为:  $\Phi = \{a, \Phi_1\}$ 。对于未知的包括临时的或者新增的 AP 成为 MN 移动区域有限集合中的元素时, 此时  $\Phi_1$  中的元素随着新增的 AP 数增加, 本文设计的切换机制退化为标准的移动 IPv6 切换机制。也就是说本文设计的移动 IPv6 切换机制最差性能不比标准移动 IPv6 切换机制差。

接下来对  $\Phi$  中元素进行描述。对于 MN 移动区域有限集中的元素, 可以抽象为邻居信息节点, 这个有限集合就可描述为有限个邻居信息节点组成一个邻居信息表。

ver		len		AP	备用
IP1	flag	IP2	flag	...	IPn Flag

ver 是 IPv4 或者 IPv6 识别位; len 是节点的长度; AP 是 AP 的基本信息结构; 一个备用, 其余是可用 IP 及其使用情况标识。

基于邻居信息表的移动 IPv6 切换流程(下文中简称为 NFMIPv6), 通过广播消息获取 MN 是否移动到临界区, 广播消息的数量只需要一次广播即可。当切换时, 链接层继续使用家乡地址通信, 而网络层直接从邻居信息表查找一个转交地址, 即从邻居信息表中直接获取转交地址。借助哈希算法查找邻居信息表中的转交地址, 可以保证代理地址的唯一性, 节约了标准移动 IPv6 代理地址唯一性验证时间。MN 获取代理地址后, 向家乡网络发送绑定和注册信息, 移动切换完成。其中, 移动切换算法描述如下:

```

NFMIPv6HandOver()
{
    Initiate Handover = false;
    Read configure file; //读取配置文件信息
    Create neighbor information by Hash function; //创建邻居信息表
    Initiate Update Timer; //初始化定时器
    Initiate Channel scanning; //初始化隧道
    Initiate MN; //初始化移动节点
    /*通过 MN 扫描隧道信息确定是否进入新的 AR 区域*/
    While (MN Scanning Channel)
    {
        Read probe responses;
        If (new AR)
        {
            HANDOVER = true;
        }
        Else
        {
            HANDOVER = false;
        }
    }
    /*若进入新的 AR 则读取邻居信息表内容*/
    If (true == HANDOVER)
    {
        Read Neighbour Information Table; //
        Search Care-of_address by HASH; //通过 HASH 算法查找邻居信息表中的转交地址
        Reset Care-of-address of MN;
    } //重置 MN 的转交地址
    Else
    {
        If (TIME is over)
        {
            Update Neighbor Information table;
        }
    }
}

```

### 4 仿真与分析

在 NS-2 仿真环境下进行仿真, 并添加 FHMIPv6 模块<sup>[7-8]</sup>到 NS-2.31 版本中, 修改协议使之适应本文的仿真要求。

#### 4.1 仿真场景

网络仿真场景如图 2 所示, 共设 11 个节点, 各节点之间的带宽与延迟见图中标示。采用 802.11 作为接入技术, NS 从 0 s 开始运行, 在 80.000 3 s 处结束。选用 CBR/UDP 作为数据源, CN 发送数据, MN 接收数据。MAP 域内的有线链

路传输延迟为 2 ms, 总的仿真时间为 80 s, MN 以 1 m/s 的速度移动并通过各相邻 AR。CN 在仿真开始以 10 ms 的间隔发送 256 Byte 的 UDP 分组到 MN, 直到仿真结束。

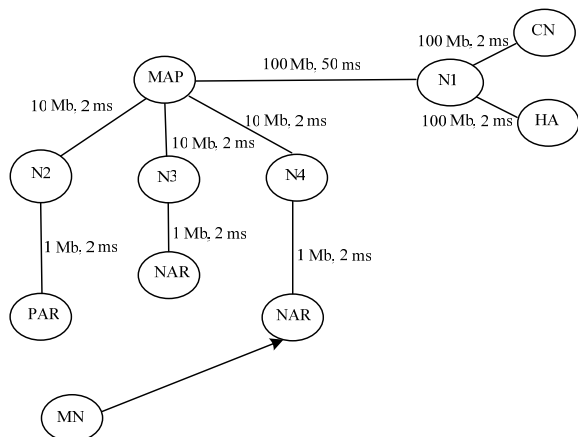


图 2 网络仿真拓扑

#### 4.2 仿真性能分析

从图 3 可以看出, 随着移动节点数目的增加, 2 种切换机制的切换延迟各有不同, 当移动节点数目增加到 25 以上时, 信道已经达到饱和, 此时无线链路的切换延迟变得严重。在最优的情况下 NFMIPv6 机制的切换延迟优于 FMIPv6 20% 左右, 切换延迟时间减少 43 ms。这是因为 NFMIPv6 切换机制根据邻居信息表提前获取 MN 的转交地址缩短了地址唯一性验证时间。在性能最差的情况下, NFMIPv6 切换机制退化为 FMIPv6 切换机制。

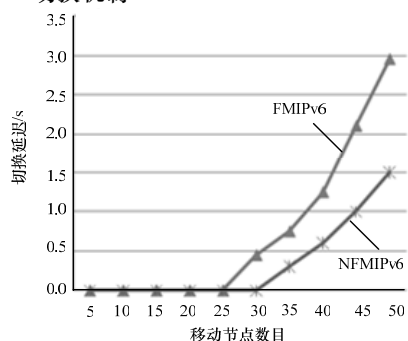


图 3 移动节点数目对传输延迟的影响

从图 4 可以看出, 随着网络传输延迟的增大, 2 种切换机制的丢包率也各有不同, FMIPv6 切换机制丢包率较大, 而 NFMIPv6 机制的丢包率较小, 总体看 NFMIPv6 切换机制的丢包率优于 FMIPv6 大约 5%。这是因为 NFMIPv6 切换机制减少了乒乓交换过程。

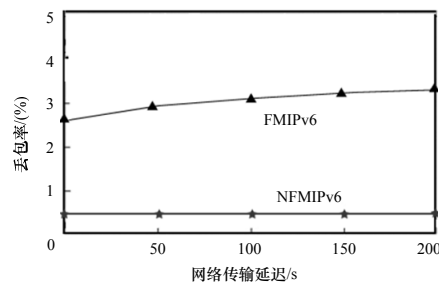


图 4 网络传输延迟对丢包率的影响

#### 5 结束语

通过少量信息保证不增加网络通信负担, 借助辅助信息来提高移动 IPv6 切换机制, 并且使移动节点更加平滑地切换。邻居信息表占用资源不会过大, 本文根据已有通信系统, 设计出最小的邻居信息表。缩短了转交地址唯一性验证时间和检测延迟时间。并使用 NS-2(本文使用的版本为 ns-allinone-2.31 版本)仿真软件对 NFMIPv6 切换性能进行评估, 根据仿真的结果, NFMIPv6 机制切换延迟和丢包率比 FMIPv6 低, 切换延迟和丢包率受网络传输延迟的影响非常小, 完全可以达到平滑切换的要求, 所以, 这种机制是可行性的。

#### 参考文献

- [1] Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6[S]. RFC3775, 2004.
- [2] 陈 蕾, 杨 鹏, 何剑锋. 层次型移动 IPv6 域间无缝切换方案[J]. 计算机工程, 2008, 34(24): 85-87.
- [3] Koodi R. Fast Handovers for Mobile IPv6[EB/OL]. (2005-07-10). <http://www.packetizer.com/rfc/rfc4068/>.
- [4] Karim E. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management[EB/OL]. (2005-08-16). <http://datatracker.ietf.org/doc/rfc5380/>.
- [5] Hee Young Jung. Fast Handover Support in Hierarchical Mobile IPv6[C]//Proc. of International Conference on Advanced Communication Technology. [S. L.]: IEEE Press, 2004.
- [6] 刘 轶, 张宝强, 肖凯平. 一种基于 VLAN 划分的 MIPv6 仿真实验环境[J]. 计算机工程, 2007, 33(3): 122-124.
- [7] Natalizio E. Mobility Anchor Point Selection Based on User Mobility in HMIPv6 Integrated with Fast Handover Mechanism[C]//Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference. New Orleans, USA: [s. n.], 2005.
- [8] Hsieh R. A Comparison of Mechanisms for Improving Mobile IP Handoff Latency for End-to-End TCP[C]//Proc. of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. San Diego, California, USA: [s. n.], 2003.

编辑 陈 文

(上接第 81 页)

#### 参考文献

- [1] 戴明陆. 基于 RSS 的内容聚合在学术领域的应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [2] 周德懋, 李舟军. 高性能网络爬虫: 研究综述[J]. 计算机科学, 2009, 36(8): 26-29, 53.
- [3] 白 鹤, 汤迪斌, 王劲林. 分布式多主题网络爬虫系统的研究与实现[J]. 计算机工程, 2009, 35(19): 13-15, 19.
- [4] 李荣陆. 文本分类及其相关技术研究[D]. 上海: 复旦大学, 2005.
- [5] 石志伟, 刘 涛, 吴功宜. 一种快速高效的文本分类方法[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(29): 180-183.

编辑 索书志