

缩短 DAD 时延的层次型移动 IPv6 改进协议

刘慧祯, 李秉智

(重庆邮电大学计算机科学与技术学院, 重庆 400065)

摘要: 为了优化切换性能, IETF 提出了层次型移动 IPv6 切换机制, 在该协议中, 链路转交地址和区域转交地址的重复地址检测操作十分耗时, 该文提出一种使用链路层协助的方式, 引入无冲突的暂定地址池, 从暂定地址池里取出暂定地址, 与网络前缀组合生成转交地址, 避免重复地址检测操作, 有效地缩短了切换延时。

关键词: 层次型移动 IPv6 协议; 重复地址检测; 链路层协助; 暂定地址池

Improved Hierarchical Mobile IPv6 Protocol for Reducing DAD Delay

LIU Hui-yi, LI Bing-zhi

(College of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065)

【Abstract】 International Engineer Task Force(IETF) proposes a hierarchical mobile IPv6 protocol to provide mechanisms for handover performance. In the protocol, the Duplicate Address Detection(DAD) operations for the on-link care-of address and Regional Care-of Address(RCoA) greatly impair handover performance. The improved HMIPv6 is introduced to tentative address pool using link layer assistance. The tentative addresses are got from the pools directly, combined with the network prefix. Tentative address can be used as CoA, and therefore the DAD operations are avoided, so the handover delay can be greatly reduced.

【Key words】 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6) protocol; Duplicate Address Detection(DAD); link layer assistance; tentative address pool

1 概述

为了满足网络设备的移动需求, 互联网工程攻坚组(International Engineer Task Force, IETF)提出了 Mobile IPv6 协议, 并于 2004 年形成 RFC3775 文档^[1], 为了优化切换性能, IETF 提出层次型移动(Hierarchical Mobile, HMIPv6)协议^[2]。

在 HMIPv6 中, 通过引入移动锚点(Mobility Anchor Point, MAP)来对移动节点(Mobile Node, MN)进行区域化的管理。它将网络划分成很多个管理域, 将节点的移动分为域内移动和域间移动。

如果 MN 在域内移动, 它只需向 MAP 绑定更新, 只有当 MN 在域间移动时才需要向 HA 发送绑定更新消息。当 MN 距离 HA 很远时, 而且 MN 进行域内移动时, HMIPv6 协议能够显著减小绑定更新消息往返一次的延时。但 HMIPv6 只是将研究的重点放在绑定更新延时上。在切换过程中, 切换延时大部分是来自对链路转交地址(On-Link Care-of Address, LCoA)和区域转交地址(Regional Care-of Address, RCoA)进行重复地址检测(Duplicate Address Detection, DAD)操作所需要的时间。

文献[3]提出了一种使用链路层协助的方式提前取得转交地址, 但该协议只是对 MIPv6 进行了改进。为此, 本文提出一种使用链路层协助的方式来减少 DAD 延时的 HMIPv6 改进协议, 通过使用路由器提供的暂定地址池, MN 可以提前获得 LCoA 和 RCoA, 同时减少了 L3 层交换消息的数量, 该协议避免了 HMIPv6 对 LCoA 和 RCoA 的 DAD 操作。

2 HMIPv6 协议概述

2.1 HMIPv6 的切换过程

协议切换过程如图 1 所示。

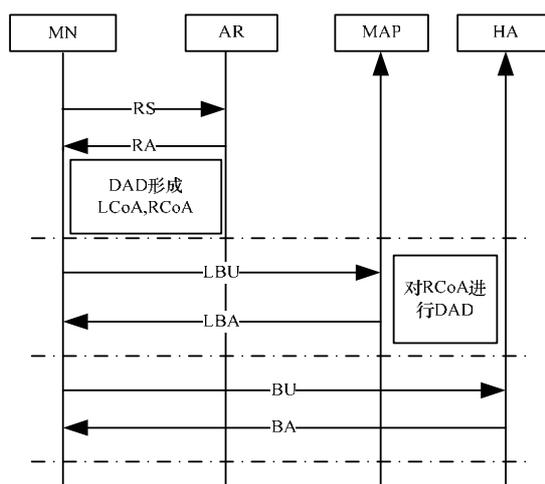


图 1 HMIPv6 切换操作流程

当 MN 进入一个新的 MAP 管理域内, 向接入路由器

基金项目: 重庆市自然科学基金资助项目(2005BB2063)

作者简介: 刘慧祯(1979 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 移动 IPv6 切换技术; 李秉智, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-11-28 **E-mail:** springgotosea@163.com

(Access Router, AR)发送请求消息(Router Solicitation, RS), AR 向 MN 发送包含 MAP 信息的路由器通告(Router Advertisement, RA), MN 根据通告信息配置两个转交地址: LCoA 和 RCoA。MN 需要对 LCoA 进行 DAD 操作, 成功后发送本地绑定更新(Local Banding Update, LBU)消息给 MAP。MAP 收到 LBU 后, 对 RCoA 进行 DAD 操作, 然后返回本地绑定确认(Local Banding Acknowledgement, LBA)消息。MN 收到成功的 LBA 消息之后向 HA 发送 BU 消息, 绑定成功后 HA 返回 BA 消息。

如果 MN 在同一个 MAP 下的管理域内移动时, 如改变了接入 AR, 这时 MN 的 RCoA 不变, 也不用向 HA 重新注册, 只是 LCoA 重新配置, 但 MN 也需要对新 LCoA 进行 DAD 操作, 成功之后向 MAP 注册新 LCoA, 使新 LCoA 与 RCoA 做绑定就可以了。

2.2 MN 的 CoA 配置和 DAD 操作

MN 通常采用无状态地址配置协议来配置 CoA^[4]。收到路由通告后, MN 根据通告中包含的子网前缀信息和 MAP 选项自动配置 LCoA 和 RCoA, 为了避免在同一链路多个节点同时进行 DAD 操作可能造成的网络拥塞, 需要等待一段随机时间(0 ms~1 000 ms)后才开始 DAD。节点发送一个邻居请求(Neighbor Solicitation, NS), 如果在一段时间内(RFC2462 建议值为 1 s), 没有收到已使用该地址的主机发出的对该地址的邻居公告(Neighbor Advertisement, NA)或其他主机对该地址的 DAD 消息, 则表明该地址可用。

在 HMIPv6 中配置的 LCoA 和 RCoA 存在地址冲突的概率极小, 仅为 $1/(2^{62})$ ^[5], DAD 绝大多数情况下都能成功, 而 MN 却要花费 1 s 多的时间等待, 大大降低了切换效率, 所以, 要改善 HMIPv6 的切换性能关键是减少 DAD 对切换造成的影响。

3 链路层协助的 HMIPv6 改进协议

3.1 地址映射

本文提出的 HMIPv6 改进协议能够避免 HMIPv6 对 LCoA 和 RCoA 的 DAD 操作。

在该协议中需要 2 种类型的状态信息: (1) 暂定地址池(tentative address pool); (2) 地址映射表(address mapping)。

AR 随机生成 LCoA 暂定地址池、MAP 随机生成 RCoA 地址池见表 1。每个地址是按 IPv6 方案分配的 64 位接口 ID, 与网络前缀组合在一起 MN 就生成可以使用的 CoA, 因为暂定地址池是由 AR 和 MAP 生成的, 可以保证地址的唯一性, 对于 AR 维护的地址映射表中的每一项是由一个 LCoA 的暂定地址和 RCoA 地址组成(见表 2), 这个表用来完成 LCoA 的暂定地址和 RCoA 的映射。对于 MAP 维护的地址映射表中的每一项是由一个 RCoA 的暂定地址和家乡地址组成。这个映射表用来绑定一个 RCoA 的暂定地址和 MN 的家乡地址(见表 3)。

表 1 LCoA, RCoA 的暂定地址池

索引号	LCoA 的暂定地址	RCoA 的暂定地址
1	EFDC:AB89:1234:3416	DFCC:ABEF:5678:3423
...
n	EFDC:AB89:4351:5D37	DFCC:ABEF:EDAB:8DA1

表 2 域内地址映射

LCoA 的暂定地址	RCoA 的地址
EFDC:AB89:1234:3416	MN1 的 RCoA 地址
...	...
EFDC:AB89:4351:5D37	MNn 的 RCoA 的地址

表 3 域间地址映射

RCoA 的暂定地址	家乡地址
DFCC:ABEF:5678:3423	MAP1 的家乡地址
...	...
DFCC:ABEF:EDAB:8DA1	MAPn 的家乡地址

在 HMIPv6 改进协议中, 参考 802.11f 接入点内部协议(Inter-Access Point Protocol, IAPP), 定义用于支持切换的 IAPP ADD-notify 报文、IAPP MOVE-notify; 本文定义了几个用于支持切换过程的报文, 报文包括: ADD_RS-notify, ADD_RS-response, MOVE_RS-notify, MOVE_RS-response。

3.2 HMIPv6 协议的改进切换算法实现

HMIPv6 改进算法网络结构见图 2。

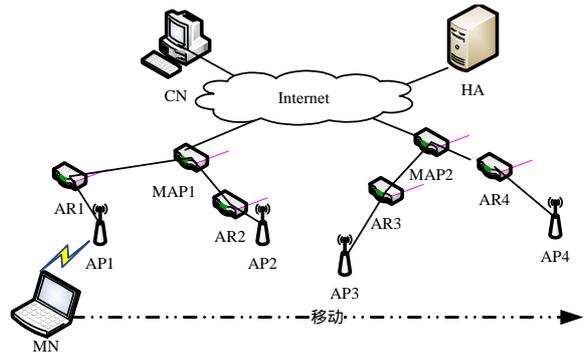


图 2 HMIPv6 改进算法网络结构

3.2.1 域内切换

在图 2 中, MN 从 AR1 服务范围切换到 AR2 服务范围, 在同一个子网域内, 为 MAP1 管理的域内移动。只需改变链路转交地址(LCoA), 切换时序如图 3 所示。

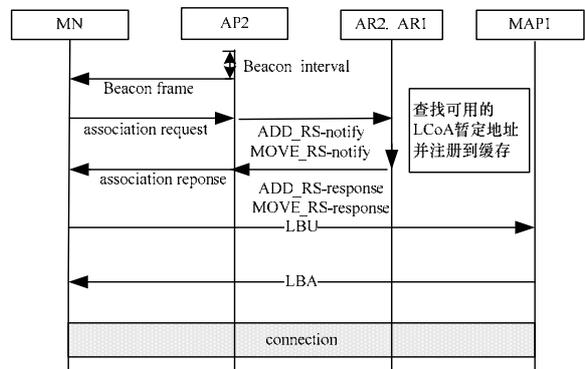


图 3 域内切换时序

域内切换算法过程如下:

- (1) 当 MN 进入到邻近 AP2 的传输范围内时, 在信标间隔 (beacon interval) 之间, MN 收到来自 AP2 的信标帧 (beacon frame)。
- (2) MN 收到信标帧后向 AP2 发送连接请求 (association request) 报文, 收到报文后, AP2 向 AR2 发送 ADD_RS-notify 报文, 向 AR1 发送 MOVE_RS_notify。
- (3) 当 AR2 收到 ADD_RS_notify 报文时, 从暂定地址池里查询新的暂定地址池并把地址注册到缓存里, 接着向 AP2 发送 ADD_RS-response 报文。
- (4) 当 AR1 收到 MOVE_RS_notify 报文时, 去除和 MN 的连接及从暂定地址池里删除 MN 的地址, 然后再把这个地址增加到暂定地址池, 完成所有的工作之后, AR1 向 AP2 发送 MOVE_RS-response 报文。

(5)AP2 收到从 AR2 发来的 ADD_RS-response, AP2 向 MN 发送连接响应(association response)报文, 在这个报文里包含暂定地址和 AR2 的网络前缀。

(6)MN 携带着最新生成的 LCoA 向 MAP1 发送 LBU 消息。

(7)MAP1 在收到 MN 发来的 LBU 消息后, 建立 RCoA 与 LCoA 的绑定, 成功后向 MN 发送 LBA 消息。

当 MN 收到 MAP1 发来的 LBA 消息后, 说明已经完成注册, 在向对应节点发送绑定更新报文时可以用 LCoA 为源地址不必使用 RCoA, 不用通过 MAP1 就可以直接通信。

3.2.2 域间切换

当 MN 从 AR2 服务范围切换到 AR3 服务范围, 已不在同一个子网域内, 从 MAP1 管理的区域切换到 MAP2 管理的区域。在 HMIPv6 改进切换算法中, 首先按照上述操作获得一个可用的 LCoA, 然后利用该 LCoA 向 MAP 发送 LBU 消息。切换时序如图 4 所示。

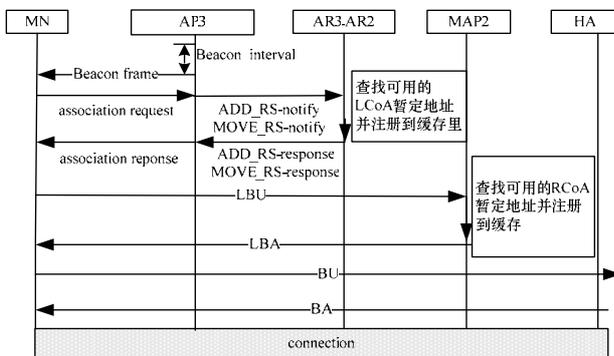


图 4 域间切换时序

域间算法切换过程如下:

(1)当 MN 进入到邻近 AP3 的传输范围内时, 在信标间距之间, MN 收到来自 AP3 的信标帧。

(2)MN 收到信标帧后向 AP3 发送连接请求报文, 收到这个报文后, AP3 向 AR3 发送 ADD_RS_notify 报文, 向 AR2 发送 MOVE_RS_notify。

(3)当 AR3 收到 ADD_RS_notify 报文时, 从暂定地址池里查询新的暂定地址池并把地址注册到缓存里, 接着就向 AP3 发送 ADD_RS-response 报文。

(4)当 AR2 收到 MOVE_RS_notify 报文时, 去除和 MN 的连接及从暂定地址池里删除 MN 的地址, 然后再把这个地址增加到暂定地址池, 完成所有的工作之后, AR2 向 AP3 发送 MOVE_RS-response 报文。

(5)AP3 收到从 AR3 发来的 ADD_RS-response, AP3 向 MN 发送连接响应报文, 在这个报文里包含暂定地址和 AR3 的网络前缀。

(6)MN 携带着最新生成的 LCoA, 并向 MAP2 发送 LBU 消息。

(7)MAP2 在收到 MN 发来的 LBU 消息后, 从暂定地址池里查询可用的 RCoA 并把地址注册到缓存里, 为 LCoA 和 RCoA 进行绑定, 成功后向 MN 发送 LBA 消息。

(8)MN 收到 LBA 后, MN 发送 BU 消息给 HA, HA 在收到 BU 消息后, 成功绑定后, 向 MN 发送 BA 消息。

当 MN 收到 HA 发来的 BA 后, 说明已经完成注册, 可

以使用 RCoA 转发数据包。

4 HMIPv6 改进协议性能分析

通常, 移动 IPv6 的切换延迟主要以下 3 个阶段组成:

(1)移动监测阶段

MN 监测其移动到另一个新的网络中所花费的时间。

(2)新的转交地址配置和重复地址监测阶段

MN 得到一个在新网络中使用的转交地址并确认它是一个唯一的转交地址的花费时间。

(3)绑定更新阶段

MN 注册新的转交地址到家乡代理和通信对端的花费时间。

根据文献[5]可知:

(1)移动检测要花费 50 ms;

(2)路由器发现需要 100 ms;

(3)DAD 操作需要 1 000 ms;

(4)发送绑定更新需要 70 ms;

(5)收到绑定更新需要 70 ms。

从这些数据可以得出, DAD 所占的延时在总延时的 70%, 所以, 通过减少 DAD 延时可以大大减低总的切换延时。

在 HMIPv6 改进协议中, 当 MN 在一个 MAP 管理域内移动时, MN 使用暂定地址池、链路层协助提前取得唯一性的 LCoA 地址, 这就使得对 LCoA 的配置时间和对 LCoA 的 DAD 大大减少, 另外结合本身 HMIPv6 的优点, MN 不用发送绑定更新消息到远端的家乡代理, 只需向 MAP 注册新的链路转交地址, 即也可以使绑定更新延时大大减少。当 MN 不在同一个 MAP 管理域内移动时, 除了大大减少 LCoA 的 DAD 操作时间, 通过使用 MAP 暂定地址池, 从暂定地址池里取出唯一的 RCoA, 避免对它的 DAD 的操作, 减少了总的切换延时。

5 结束语

在 HMIPv6 改进协议中, 在 AR 中引入 LCoA 暂定地址池, 在 MAP 中引入 RCoA 暂定地址池, 并且要求 AR 维护无冲突的 LCoA 暂定地址池, MAP 维护无冲突的 RCoA 暂定地址池; 为了更好地支持切换, 引入几个报文, 取消对 LCoA 和 RCoA 的 DAD 操作, 大大减少了切换延时; 由于本文使用链路层协助, 取消 RS, RA 2 个消息, 提高了网络切换效率, 下一步研究方向就是利用 NS2 对改进协议进行实施和仿真。

参考文献

- [1] Johnson D. Mobility Support in IPv6[S]. RFC 3775, 2004.
- [2] Soliman H, Castelluccia C, Malki K E. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)[S]. RFC 4140, 2005.
- [3] Yoon S. New Approach for Reducing DAD Delay Using Link Layer Assistance in Mobile IPv6[C]//Proc. of MUE'07. Seoul, Korea: [s. n.], 2007-04.
- [4] Thomson S, Narten T. IPv6 Stateless Address Autoconfiguration[S]. RFC 2462, 1998.
- [5] Lai W K, Chiu J C. Improving Handoff Performance in Wireless Overlay Networks by Switching Between Two-layer IPv6 and One-layer IPv6 Addressing[J]. IEEE Journal, 2005, 23(11): 2129-2137.