

层次型移动 IPv6 域间无缝切换方案

陈 蕾¹, 杨 鹏¹, 何剑锋²

(1. 重庆文理学院数学与计算机科学系, 重庆 402160; 2. 重庆大学计算机学院, 重庆 400044)

摘要: 针对层次型移动 IPv6 协议中存在的域间切换问题, 提出一种交互式实时应用的层次型移动 IPv6 域间快速无缝切换方案, 该方案能够优化移动 IPv6 的切换延迟以及分组发送延迟。仿真实验结果表明, 该方案是有效可行的。

关键词: 层次型移动 IPv6; 切换; 绑定更新

Seamless Handover Scheme in Inter-domain of Hierarchical Mobile IPv6

CHEN Lei¹, YANG Peng¹, HE Jian-feng²

(1. Dept. of Mathematics & Computer Science, Chongqing University of Arts & Sciences, Chongqing 402160;

2. College of Computer, Chongqing University, Chongqing 400044)

【Abstract】 Aiming at the problems of handover existed in the inter-domain of Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6) protocol, an interactive fast seamless handover scheme in the inter-domain of HMIPv6 for real-time application is presented, which optimizes the handoff delay and the delay for packet sending of mobile IPv6. Simulation experimental results show this scheme is effective and feasible.

【Key words】 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6); handover; binding update

随着 PDA、笔记本电脑和手机等移动设备的广泛使用, 越来越多的 Internet 服务将通过无线网提供给移动用户。当用户频繁地进行切换操作时, 会出现服务质量急剧下降甚至业务中断的情况。因此, 在这样的网络环境下设计低时延和低分组丢失率的无缝切换方案具有实际意义。

1 HMIPv6 下无缝切换存在的问题

无缝切换既要求降低分组的丢失率, 又要求降低分组的延迟。为实现无缝切换, 互联网工程攻坚组织从减小切换顺序延迟和绑定更新延迟入手, 提出 2 种解决方案: (1) 采用层次型移动 IPv6(Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)^[1]; (2) 采用快速切换移动 IPv6(Fast Handover for Mobile IPv6, FMIPv6)。

HMIPv6 是对移动 IPv6^[2]进行补充的一种“微移动”协议。在 HMIPv6 支持下, 移动节点(Mobile Node, MN)的切换效率在一定程度上得到提高, 但在管理 MN 切换时仍存在一些问題: (1) HMIPv6 缺乏对切换过程中实时数据流 QoS 问题的考虑; (2) HMIPv6 不支持 MN 的快速切换; (3) 仅当 MN 在同一移动锚节点(Mobility Anchor Point, MAP)域内的各访问路由器(Access Router, AR)间进行切换时, HMIPv6 才能减少其与家乡代理(Home Agent, HA)以及通信节点(Correspondent Node, CN)的通信流量, 而当 MN 产生跨 MAP 切换时, HMIPv6 则无法提高其切换性能。

由于 HMIPv6 尚处于理论研究阶段, 在推广到实际应用前还需进一步改进, 因此本文提出一种支持交互式实时应用的 HMIPv6 域间快速无缝切换方案——S-EBUO(Seamless Handover Based on Early Binding Updates Option), 以减少切换延迟和分组发送延迟, 从而更好地支持交互式实时业务流的应用。

2 无缝切换方案

S-EBUO 是种基于提前绑定更新选项^[3]的无缝切换。基于提前绑定更新选项的通信对端绑定方法^[4]的基本思想是把返回路由可达过程改到不影响切换延迟的时段进行, 即当使用旧的本地转交地址时, 提前进行家乡地址测试, 同时将经 MN 鉴别的提前绑定更新消息作为转交地址测试初始 CoT(Care of Test Init)消息的一个移动选项发送到 CN, 并进行试探性绑定, CN 同样将提前绑定确认消息作为转交地址测试 CoT(Care of Test)消息的一个选项返回 MN, 且在进行转交地址测试时, 用新的本地转交地址发送分组。CN 收到提前绑定更新选项后, 也可用新的本地转交地址发送分组。选项采用“类型-长度-值”(Type-Length-Value, TLV)编码格式。该方法不仅消除了由 50% 的标准绑定所造成的额外延迟, 而且提高了对交互式实时应用的支持能力。

S-EBUO 的设计目标是最小化分组丢失。在 S-EBUO 中采取两方面措施以减少分组丢失: (1) 采取向 PMAP(Previous MAP)发送快速绑定更新(Fast Binding Update, FBU)消息进行注册的策略。(2) 采取缓存策略。S-EBUO 沿用 HMIPv6 的结构, 无需对 HMIPv6 进行扩展或增加任何硬件。

2.1 S-EBUO 的设计思想

为便于理解, 这里先给出下文中将要出现的一些术语以

基金项目: 重庆市教育委员会科学技术研究基金资助项目(KJ071203); 重庆文理学院科研基金资助重点项目(Z2006sj31); 重庆文理学院科研启动基金资助项目

作者简介: 陈 蕾(1979 -), 女, 讲师、硕士, 主研方向: 计算机网络与通信; 杨 鹏, 讲师、硕士; 何剑锋, 硕士研究生

收稿日期: 2008-10-27 E-mail: 67638515@163.com

及它们的缩写形式:转交地址(Care of Address, CoA);区域转交地址(Regional Care of Address, RCoA);在线转交地址(on Link Care of Address, LCoA);无线接入点(Access Point, AP);接入路由器(Access Router, AR);绑定确认(Binding Acknowledgement, BA);本地绑定更新(Local Binding Update, LBU);本地绑定确认(Local Binding Acknowledgement, LBA);提前绑定更新(Early Binding Update, EBU);提前绑定确认(Early Binding Acknowledgement, EBA);快速绑定更新(Fast Binding Update, FBU);快速绑定确认(Fast Binding Acknowledgement, FBA);返回路由可达过程(Return Routability Procedure, RRP);新的在线转交地址(New on Link Care of Address, NLCoA);新区域转交地址(New Regional Care of Address, NRCoA);旧接入路由器(Previous Access Router, PAR);新接入路由器(New Access Router, NAR);旧移动锚点(Previous Mobile Anchor Point, PMAP);新移动锚点(New Mobile Anchor Point, NMAP);旧无线接入点(Previous Access Point, PAP);无线接入点(New Access Point, NAP);HoTI(Home Test Init);HoT(Home Test);CoTI(Care of Test Init);CoT(Care of Test)。

(1)以层次型移动 IPv6 架构为基础,无需对架构作任何修改。S-EBUO 的拓扑结构如图 1 所示。

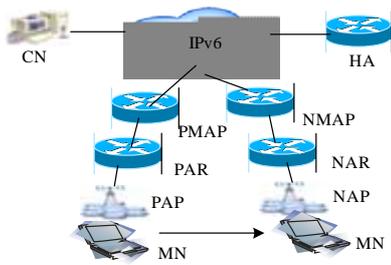


图 1 S-EBUO 的拓扑结构

(2)将切换过程与移动节点的运动模式相结合,根据不同运动模式采取不同切换策略。假定 MN 以低速移动且只在相邻 2 个 MAP 域间切换。为便于讨论,这里将 MN 的运动模式(仅指切换过程中的运动状态)分为线性移动、随机移动(包括乒乓运动)以及静止在 2 个 MAP 重叠区域中 3 种类型,如图 2 所示。

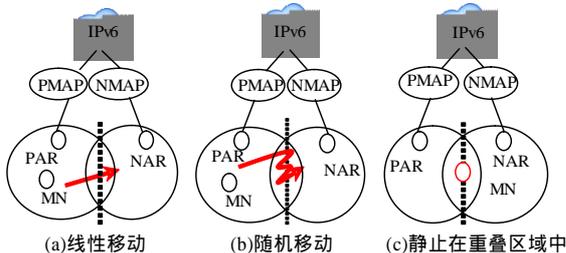


图 2 MN 的运动模式

(3)将基于提前绑定更新的对端绑定方法运用于层次型移动 IPv6 中,以减少切换后分组发送延迟。

(4)运用新旧接入路由器间隧道转发分组的思想,并结合 HMIPv6 分组需经 MAP 封装转发的特点,采取向 PMAP 发送 FBU 消息建立 PMAP 至 NAR 间临时隧道转发分组的策略来减少切换后分组的接收延迟,以提高对交互式实时应用的支持能力。

(5)采取缓存策略减少分组丢失。即 PMAP, PAR 以及 NAR 在缓存切换过程中接收分组并负责转发。

2.2 MN 线性移动的实现

为便于表述,同样把切换过程分为准备切换、切换进行和切换之后 3 个时段。MN 把旧区域转交地址(Previous Regional Care of Address, PRCoA)的时段作为准备切换时段;把断开原链路至 CN 完成试探性绑定的时段作为切换进行时段;将 CN 完成试探性绑定后的时段作为切换之后的时段。图 3 为 S-EBUO 消息的交互过程。

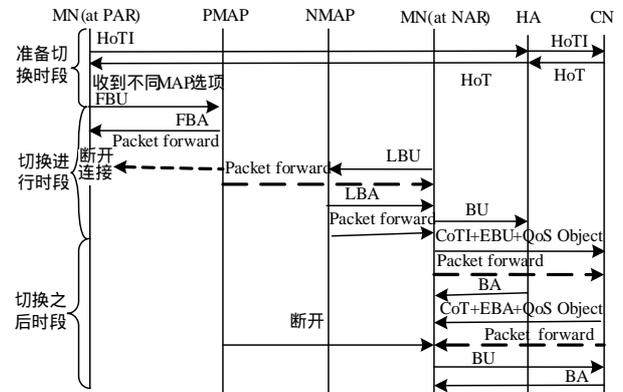


图 3 S-EBUO 消息交互过程

图 3 中的切换过程如下:

(1)当 MN 使用 pRCoA 时,向 HA 发送一个 HoTI,并由 HA 转发到 CN。

(2)MN 采用 ECS 移动检测算法,一旦收到不同 MAP 选项, MN 就认为发生了域间切换, MN 依据 NAR 路由器公告消息中前缀信息以及 MAP 选项的 NMAP 的 IP 地址,通过无状态自动配置机制配置 NRCoA 和 NLCoA。之后,为加快切换和减少分组丢失, MN 向 PMAP 发送快速绑定更新 FBU, 以在 PMAP 和 NLCoA 间建立隧道, PMAP 通过隧道将发送到 MN 的 PRCoA 分组转发至 NLCoA。作为对 FBU 的响应, PMAP 返回一个快速绑定确认 FBA 给 MN。

(3)MN 接入新网络后,立即发送 LBU 到 NMAP,同时绑定 NRCoA 与 NLCoA。

(4)MN 收到 LBA 消息后进行如下操作:

1)立即发送 BU 到 HA 进行家乡注册,把 NRCoA 与 MN 的家乡地址进行绑定。HA 认证 MAC 后,为该绑定创建一个缓存表项,并返回一个 BA。

2)在 MN 进行家乡注册的同时,协作性地向 CN 发送带有提前绑定更新选项的 CoTI 消息,以进行转交地址测试以及试探性对端绑定,同时把 NRCoA 通知 CN。

3)为建立新的资源路径,把 QoS Object 作为一个逐跳目的选项放入提前绑定更新选项消息中并发往 CN。沿途每个路由器均对此逐跳选项进行处理,并检查自身资源能否满足,若能满足就把资源预留下来,否则在报头上做个标记。当 QoS Object 到达 CN 时,所经过的路径上已建立新的资源路径。

(5)CN 收到 CoTI 消息后执行如下操作:

1)由于提前绑定更新选项经 MN 用家乡密钥令牌进行认证,因此 CN 知道该 NRCoA 是 MN 的新区域转交地址,并为该试探性绑定创建一个缓存表项。

2)MN 可请求 CN 响应一个提前绑定确认消息,此消息同样作为 CoT 消息的一个移动选项返回。

3)CN 响应一个 CoT 消息。

4)为满足 CN 发往 MN 分组的 QoS 需求, CN 同样将 QoS Object 选项作为一个逐跳目的选项放入提前绑定确认消息中

并发向 MN。沿途每个路由器对此逐跳选项进行处理，并检查自身资源能否满足，若能满足就把资源预留下来，否则在报头上做个标记。当 QoS Object 到达 MN 时，所经过路径上已建立新的资源路径。

(6)收到 CoT 消息后，MN 对家乡密钥令牌、转交密钥令牌进行散列运算，并得到绑定管理密钥 Kbm，然后生成 BU 消息。MN 立即发送 BU 到 CN 进行 MN 家乡地址与 NRCoA 绑定。在 CN 认证 BU 中的 MAC 后，将 NRCoA 的状态改为已证实，并将绑定生存期延长为最大绑定生存期，同时撤消基于信息流模式的授权机制，正常使用 NRCoA 收发分组。若 MN 要求，则还需返回一个 BA。

(7)一旦 MN 收到从 NMAP 与 MN 隧道传送来的分组，就立即撤消与 PMAP 建立的隧道。

(8)在对端绑定完成后，为满足 MN 将要发送/接收的交互式实时业务流的 QoS 需求，只需发送方给接收方带有 QoS Object 的扩展绑定更新消息，接收方返回一个确认消息即可进行资源预留。

2.3 MN 随机移动的实现

MN 随机移动时，切换过程与线性移动基本相同，唯一的区别就是始终不撤消与 PMAP 建立的隧道，即从 PMAP 和 NMAP 2 条路径同时接收分组。MN 移动到一个 MAP 域内或单个 AR 信号区域内时，MN 则撤消与另一个 MAP 间建立的绑定，仅从当前 MAP 收发分组。

2.4 MN 静止在 2 个 MAP 重叠区域中的实现

对于 MN 运动至网络重叠区域中静止时的情况，若 NAR 的信号强度未达到链路层切换的阈值条件时，MN 不发生切换。否则，切换过程与线性移动类似，只是 MN 使用 2 个 NRCoA，并注册 2 个 MAP，从 PMAP 和 NMAP 2 条路径同时接收分组。

3 仿真分析

仿真实验使用 Lawrence Berkeley 实验室开发的 NS-2 仿真工具并将 Mortorla 提供的 Mobiman 模块作为仿真平台，同时加入 HMIPv6 使用信令和提前绑定更新选项管理模块。网络拓扑结构如图 4 所示。

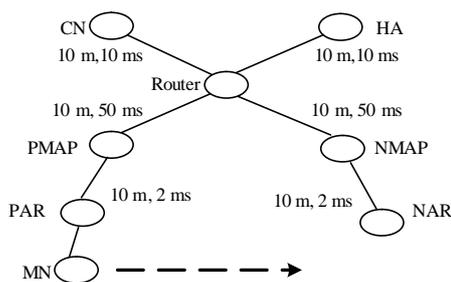


图 4 模拟实验的拓扑

拓扑使用 802.11b 接入技术，MAP 相距 70 m，AR 相距 90 m。CN 与 TCP 源代理相连作为 TCP 通信源端，MN 与代理 TCP sink 相连作为接收端。TCP 包大小为 1 024 Byte，在仿真开始 5 s 后，CN 与 MN 间发起 FTP 会话；MN 以 2 m/s 的速度从 PAR 向 NAR 移动，10 s 后进入仿真阶段，MN 到达 NAR(NMAP)时仿真结束。

S-EBUO 的 TCP 性能模拟采用 TCP 业务流测试 S-EBUO

的 TCP 性能输出的方法。分析 S-EBUO 在 TCP 作为分组源时的带宽性能，以反映其在实际应用中的可用性。接收方 MN 的 TCP 输出如图 5 所示，发送方 CN 的实验结果如图 6 所示。

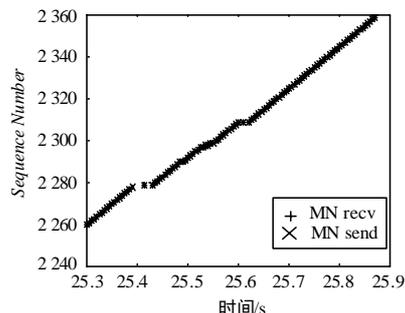


图 5 S-EBUO 中 MN 的 TCP 性能模拟

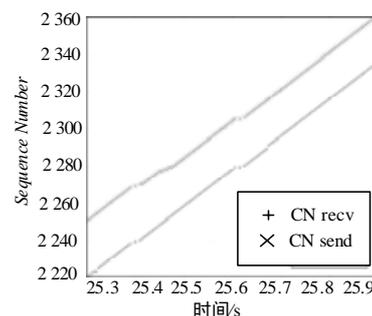


图 6 S-EBUO 中 CN 的 TCP 性能模拟

从模拟结果可以看出，在 S-EBUO 中由于切换延迟较小且采用缓存机制，几乎没有分组丢失，实现了低延迟无缝切换。而二层切换大约发生在 25.39 s，在 25.58 s 左右出现短暂分组重传，但未引起 TCP 拥塞，也未影响 TCP 传输。作为 CN，TCP 传输过程几乎未受影响。

从仿真实验结果可知，S-EBUO 具有较小的分组发送延迟，能更好地支持交互式实时运用。

4 结束语

本文分析了当前层次型移动 IPv6 域间切换存在的问题，提出将提前绑定更新选项的对端绑定方法应用于层次型移动 IPv6 域间切换中，并与快速切换相结合，实现了 HMIPv6 域间快速无缝切换。同时采用 TCP 数据流模拟 S-EBUO 方案的性能，并对模拟数据进行分析，验证了 S-EBUO 的优越性和可行性。下一步工作将研究 S-EBUO 中 MN 连续跨过 2 个 MAP 域的三方无缝切换的实现细节。

参考文献

- [1] Soliman H, Catelluccia C, Malki K, et al. Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management[S]. RFC4140, 2005.
- [2] Johnson D, Perkins C E, Arkko J. Mobility Support in IPv6[S]. RFC3775, 2004.
- [3] 吴开贵, 何剑锋, 冯永, 等. 基于提前绑定更新选项的通信对端绑定方法[J]. 重庆大学学报, 2006, 29(9): 111-114.
- [4] Perkins C E. Preconfigured Binding Management Keys for Mobile IPv6[Z]. (2004-10-21). <http://www.ietf.org/proceedings/05mar/IDs/draft-ietf-mip6-precfgkmb-01.txt>.