

基于移动选项的 HMIPv6 域间切换对端绑定方法^{*}

吴开贵¹ 何剑锋 刘东 左永利

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)

摘要 针对 HMIPv6 域间切换通信对端绑定延迟较大的问题,本文提出一种基于提前绑定更新选项的对端绑定方法;同时,提出提前预留资源的方式,提高对实时数据流的支持能力。最后通过仿真实验,证明了方案的优越性。

关键词 层次型移动 IPv6, 移动选项, 绑定, 服务质量

Correspondent Node Binding of Method Based Mobile Option in Hierarchical Mobile IPv6 Inter-region Handoff

WU Kai-Gui HE Jian-Feng LIU Dong ZUO Youg-Li

(College of Computer, Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract Because the long latency associated with hierarchical mobile IPv6's of correspondent node binding in inter-region handoff, the paper presents a correspondent node binding of method based on early binding updates option. Moreover, the policy reinforces the ability to support real-time data flow by pre-reservation method. Finally, advantage is proved by simulation.

Keywords Hierarchical mobile IPv6, Mobile option, Binding, Quality of service

1 引言

在层次型移动 IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6) 中^[1], 移动节点 (Mobile Node) 在同一移动锚点 MAP (Mobile Anchor Node) 域内切换只需向新 MAP 注册, 而在不同 MAP 域间切换仍需发送绑定更新消息到家乡代理 (Home Agent) 重新注册及到通信对端 (Correspondent Node) 重新绑定。为了通信安全, RFC3775 定义^[2], CN 只有通过返回路由可达过程 (Return Routability Procedure) 的确认, 才能接收 MN 的绑定更新消息并采用优化路由。返回路由可达过程需发送家乡测试初始 HoTI (Home Test Init)、家乡测试 HoT (Home Test) 和转交测试初始 CoTI (Care-of Test Init)、转交测试 CoT (Care-of Test) 两个消息对进行家乡和转交地址测试, 且家乡地址测试经家乡代理转发, 即使并行进行家乡地址测试和转交地址测试, 该过程也至少造成 MN 经 HA 至 CN 的一个往返延迟^[3]。这些延迟严重影响了 HMIPv6 域间切换的性能及实时数据流的应用。

目前, 在减少 HMIPv6 域间切换延迟方面的研究有: ① 使用多层 MAP 的, 即在多个 MAP 管理域范围上, 建立更大的 MAP 管理域; ② 采用 MAP 多播的方法; ③ 采用 F-HMIPv6-ER 移动管理机制, 即在 MHIPv6 中添加边界路由器协助 MN 切换; ④ 采用增强的层次化移动 IPv6 绑定更新方法^[4], 即通过绑定两个 MAP 来缩短 MAP 失败的探测和恢复时间。多层 MAP 法存在多次隧道封装问题, 多播机制法无线网络的带宽利用率低, F-HMIPv6-ER 法和增强的层次化移动 IPv6 绑定更新法对网络部署和配置要求高, 可扩展性差。

2 基于提前绑定更新选项的 HMIPv6 域间切换对端绑定方法

2.1 方法的思想

为减少 HMIPv6 域间切换对端绑定造成的延迟, 本文提出基于提前绑定更新选项的通信对端绑定方法。该方法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, 即当使用旧本地转交地址时, 提前进行家乡地址测试, 并行进行家乡注册和转交地址测试, 同时把经 MN 鉴别的提前绑定更新消息作为转交地址测试初始 CoTI 消息的一个移动选项发送到 CN 并进行试探性绑定, CN 同样把提前绑定确认消息作为转交地址测试 CoT 消息的一个选项返回 MN, 且进行转交地址测试时协作性地用新本地转交地址发送分组, CN 收到提前绑定更新选项后, 也可用新本地转交地址发送分组。选项采用“类型-长度-值”(TLV) 编码格式。

2.2 方法的实现

本文把切换过程分为准备切换、切换进行、切换之后三个时段。在 MN 收到链路层有关切换的消息时为准备切换时段, 当 MN 接入新路由器至新本地转交地址到达 CN 止为切换进行时段, 也是影响通信中断和切换延迟的关键时段, 此后过程为切换之后时段。

在准备切换时段, 当接收到链路层有关切换即将开始的触发消息 (如重协商应答帧) 时, MN 就用旧本地转交地址提前进行家乡地址测试, 即发送一个家乡地址测试初始 HoTI 消息给家乡代理 HA, 并由 HA 转发到 CN。CN 返回一个包含家乡密钥令牌的家乡测试 HoT 消息给 HA, HA 将其转给 MN。

当 MN 完成链路层切换, 且通过无状态自动配置机制获得新本地转交地址和在线转交地址后, 立即发送设置 M 和 A 标记的本地绑定更新消息 (Local Binding Update) 到新 MAP 注册, 以将新本地转交地址和新在线转交地址绑定。MAP 注册成功后, 返回一个本地绑定确认 LBA (Local Binding Acknowledgement) 消息, 此后 MN 和 MAP 间建立双向隧道,

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金 (NO: 30400446), 国家发改委 CNGI 示范工程“面向 IPv6 的互联网安全体系结构和关键技术研究”。吴开贵副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 网络信息安全, 计算机网络与通信。

MN 发送的分组经隧道传到 MAP,发往 MN 本地转交地址的分组被 MAP 截获,并经隧道传到 MN 新在线转交地址。在此基础上,MN 发送绑定更新消息到家乡代理进行家乡注册,同时协作性地向 CN 发送一个带有提前绑定更新选项的转交地址测试 CoTI 消息进行转交地址测试和试探性绑定。此时发送的 CoTI 消息只是比标准的 CoTI 消息增加了提前绑定更新选项。该选项消息与标准绑定更新消息技术上是一致的,只是经 MN 用获得的家乡密钥令牌进行了鉴别。MN 发出 CoTI 消息后,可用新本地转交地址发送分组。

由于提前绑定更新选项经过 MN 鉴别,收到 CoTI 消息后,CN 就知道该本地转交地址是 MN 新本地转交地址(至切换时段结束)。因此 CN 可开始用这个新本地转交地址发送分组。当然,这必须要谨慎,因为 MN 进行的是试探性绑定。为此,CN 将启动基于信用的授权(Credit-Based Authorization)^[5]机制来防止恶意攻击者使用欺骗 IP 地址进行洪泛攻击。同样 MN 可请求 CN 返回一个提前绑定确认消息,此消息同样作为 CoT 消息的一个选项返回 MN。此时 CN 发出的 CoT 消息与标准的 CoT 消息在技术上也是一致的,只是多了提前绑定确认选项。MN 收到 CoT 消息后,按正常方式生成绑定更新消息,并立即发向 CN 绑定,以证实正在使用这个新本地转交地址。CN 收到绑定更新消息后,创建一个包含 MN 家乡地址、MN 新本地转交地址、生存期等内容的绑定缓存表项,并撤销基于信用的授权机制,以正常方式使用新本地转交地址。至此,域间切换绑定过程结束。切换过程的信令流动情况如图 1 所示。

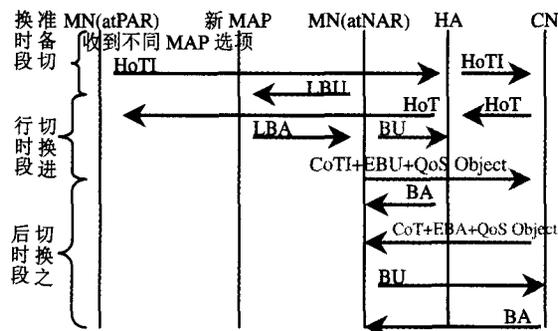


图 1 域间切换信令流动示意图

3 方法的进一步考虑

3.1 安全机制优化

虽然 CN 从提前绑定更新选项中获得了 MN 新本地转交地址,但 CN 只有收到绑定更新消息,才能证明 MN 正在使用这个新本地转交地址,未收绑定更新消息前,CN 将采用基于信用的授权机制来防止恶意攻击者使用欺骗 IP 地址进行洪泛攻击。

基于信用的授权机制有两种变体:一种是 CN 收发分组的数量,另一种是 MN 收发分组的数量。这两种情况下,分组的收发将消耗一些资源,如带宽、内存等。CN 通过赋予 MN 信用来对它的努力进行确认,MN 获得信用的多少取决于受到监控的分组的多少。MN 使用未经证实的本地转交地址发送分组,CN 就会减少对它的信用。这确保了 MN 用未经证实的本地转交地址收发分组的数量不超过先前已从证实本地转交地址收发的分组的数量。具体说,可以配置一个协议参数指定 MN 分别使用未经证实或证实的本地转交地址

时,其信用减少与增加的关联关系。该机制在 CN 本地操作,对 MN 是透明的,它能提供与 HMIPv6 同等的安全保护。

3.2 对 QoS 的优化

为满足正在收发分组的 QoS 需求,域间切换中还需考虑资源预留问题。为此,采用基于 QoS Object 选项的方法提前进行资源预留。即把 QoS Object 选项作为一个逐跳(hop-by-hop)移动选项放入提前绑定更新和提前绑定确认选项消息中一并发送,沿途每个节点处理该逐跳选项,并检查自身有无足够的资源,如有就把资源预留下来,否则在分组头上做个标注。当 QoS Object 消息到达对方时,它已完成 HMIPv6 域间切换后的资源预留。该预留机制实现简单方便,且没有带来额外的资源预留延迟。信令流动情况如图 1 所示。

4 方案的 TCP 性能仿真

仿真使用 Lawrence Berkeley 实验室开发的 NS-2^[6] 仿真工具和 Mortorla 提供的 Mobiman 模块作为仿真平台,并加入了 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 2 所示,拓扑使用 802.11b 接入技术,MAP 相距 70 米,AR 相距 90 米。CN 与一个 TCP 源代理相连接作为 TCP 通信源端,MN 与代理 TCP sink 相连接作为接收端。TCP 包大小为 512 字节,窗口大小为 32,在仿真开始 5 秒后,TCP 上大量的数据传输应用开始;MN 以 1m/s 速度从 oAR 向 nAR 移动,10 秒后进入仿真阶段,MN 到达 nAR(nMAP)时仿真结束。

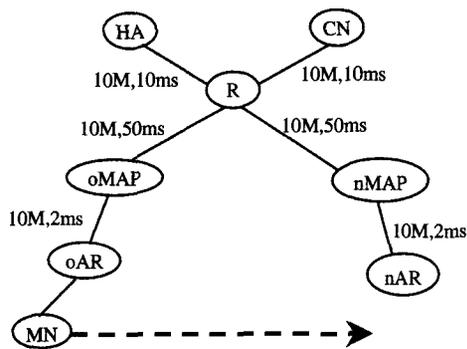


图 2 网络仿真拓扑结构

为便于叙述,本文提出的方法记为基于提前机制的 HMIPv6 (Based Early HMIPv6, BE HMIPv6),把家乡测试往返延迟记为 RTT_{MHC} ,转交测试往返延迟记为 RTT_{CN} ,MN 发送分组延迟记为 L_{send} ,MN 接收分组延迟记为 L_{recv} 。在仿真实验中比较 BEHMIPv6、F-HMIPv6-ER 与 HMIPv6 的切换延迟和分组丢失情况。

①切换平均延迟变化情况如图 3 所示。事实上,BEHMIPv6 与 HMIPv6 在二层切换、移动检测、转交地址获取、MAP 注册时的延迟是一致的(合计记为 D)。但在对端绑定中,由于 BEHMIPv6 方法采用提前绑定更新选项绑定机制,MN 发送提前绑定更新选项后,可开始用新本地转交地址发送分组,即 $L_{send_{BEHMIPv6}} = D + 0 = D$,CN 收到提前绑定更新选项后,也可用新本地转交地址向 MN 发送分组,且该分组到达 MN 仅需 $0.5RTT_{CN}$,即 $L_{recv_{BEHMIPv6}} = D + 0.5RTT_{CN}$ 。而 $L_{send_{HMIPv6}} = D + \max(RTT_{MHC}, RTT_{CN})$, $L_{recv_{HMIPv6}} = D + \max(RTT_{MHC}, RTT_{CN}) + RTT_{CN}$ 。F-HMIPv6-ER 法在绑定两个 MAP 时延迟比其它两者大,但综合其它过程延迟后,平均延迟大于 BEHMIPv6,小于 HMIPv6。

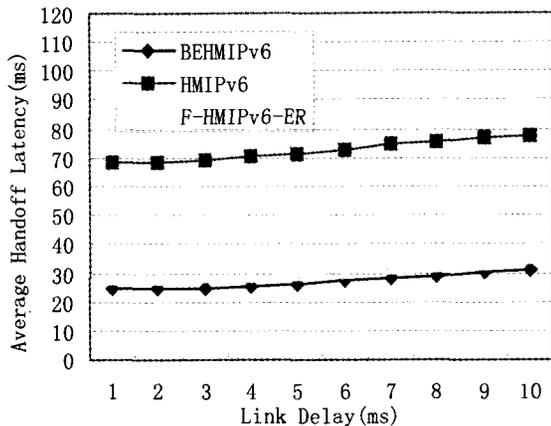


图3 平均延迟比较

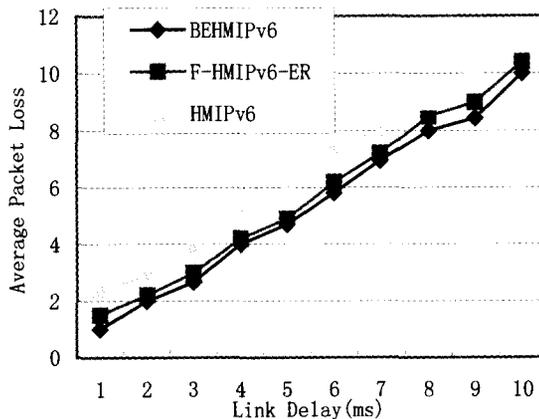


图4 平均分组丢失数比

②切换平均分组丢失数变化情况如图4所示。仿真中三者TCP数据流的发送间隔相等,那么分组丢失数与切换延迟将成正比关系。由于BEHMIPv6的平均延迟最小, HMIPv6平均延迟最大, F-HMIPv6-ER的平均延迟界于两者之间,所以BEHMIPv6的平均分组丢失数最少, HMIPv6的平均分组丢失数最多, F-HMIPv6-ER平均分组丢失数界于两者之间。

结论和下一步工作 针对HMIPv6域间切换对端绑定延迟较大的问题,本文给出了一种基于绑定更新选项的对端绑定方法,该方法具有如下优点:

①通信中断时间短;②收发分组延迟小;③支持实时数据流;④可扩展性好;⑤未带来额外的信令负载和安全隐患。

下一步考虑如何将此绑定方法与快速切换结合起来,实现HMIPv6域间快速无缝切换。

参考文献

- Soliman H, Catelluccia C, Malki K, et al. Hierarchical Mobile IPv6 mobility management(HMIPv6). RFC4140, 2005
- Johnson D, Perkins C E, Arkko J. Mobility Support in IPv6. RFC 3775, 2004
- 孙利民, 阚志刚, 郑健平, 等. 移动IP技术. 北京: 电子工业出版社, 2003
- 王亮. 基于移动IPv6的多种移交方案分析: [学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2005
- Arkko J, Vogt C. Credit-Based Authorization for Binding Lifetime Extension. Internet Draft draft-arkko-mipv6-bindinglifetime-extension, May, 2004
- http://www.isi.edu/nsnam/ns

(上接第36页)

改善更为明显。因为系统中用户数越多,在每个时刻、每个子载波上就越有可能有某个或者某些用户处于信道状况的峰值,多用户分集增益就越大。图中一个用户的情况就相当于子载波的静态分配,可以发现动态子载波分配带来的性能增益是非常显著的。

结论 数学分析和仿真结果都表明本文提出的动态子载波分配准则可以有效地利用多用户分集,明显提高V-BLAST/OFDM系统的整体性能,并得出了相应的多用户分集增益的具体表达式。与基于波束成型和空时码的MIMO/OFDM系统中的子载波分配相比,在空间复用系统中使用这一技术对性能的改善更明显。仿真结果还表明,本文提出的子载波分配方式实现复杂度低,保留了大部分的性能增益,更加实际、可行。

参考文献

- Golden G D, Foschini G J, Valenzuela R A, et al. Detection algorithm and initial laboratory results using the V-BLAST space-time communication architecture. Electronics Letters, 1999, 35 (1): 14~15
- Guo Z, Nilsson P. On Detection Algorithms and Hardware Implementations for V-BLAST. SSocC'02, 2002
- Chung S T, Lozano A, Huang H C. Low complexity algorithm for rate quantization in extended V-BLAST. In: VTC'2001 Fall, vol 2, Atlantic, Oct. 2001. 910~914
- Feng X, Zhu S H, Wu L J. Adaptive bit and power allocation al-

- gorithm in V-BLAST system. In: PIMRC 2004, vol 1, 2004. 489~492
- Heath R, Paulraj A. Antenna selection for spatial multiplexing systems based on minimum error rate. In: Proc IEEE Int Contr Conf, vol 7, Helsinki, Finland, 2001. 2276~2280
- 程云鹏, 张凯院, 徐仲. 矩阵分析与应用(第2版). 西安: 西北工业大学出版社, 1999
- Foschini G J, Golden G D, Wolniansky P W, et al. Simplified processing for wireless communication at high spectral efficiency. IEEE J Select. Areas Commun Wireless Commun. Series, 1999, 17: 1841~1852
- Telatar I E. Capacity of Multi-Antenna Gaussian Channels: [Internal Tech. Memo]. AT&T Bell Labs, June 1995
- Dighe P A, Mallik R K, Jamuar S S. Analysis of transmit-receive diversity in Rayleigh fading. IEEE Transactions on Communications, 2003, 51(4): 694~703
- Proakis J G. Digital Communications(3rd edition). New York: McGraw-Hill, 1995
- Hu Z P, Zhu G X, Xia Y, et al. Multiuser subcarrier and bit allocation for MIMO-OFDM systems with perfect and partial channel information. WCNC, 2004, 2: 1188~1193
- Hu Z P, Zhu G X, Wang D S. Resource allocation for multiuser space-time coding based OFDM systems with QoS provision. VTC 2005 Fall, Dallas, USA
- Heath R, Airy M, Paulraj A. Multiuser diversity for MIMO wireless systems with linear receivers. In: Proc. IEEE Asilomar Conf on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, vol 2, 2001. 1194~1199