

## 基于 mSCTP 的跨层快速切换方案

李向丽, 王伟锋, 高艳红, 孙晓林

(郑州大学 信息工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 针对 FMIPv6 建立隧道和绑定更新过程引起的开销和切换延迟, 提出一种利用移动流控制传输协议实现的跨层快速切换方案 mSCFHS. 该方案使用二层触发机制配置新转交地址, 并通过动态地址重配置功能向通信对端注册, 消除地址认证过程, 同时提前进行家乡注册. 仿真结果表明, mSCFHS 在切换延迟和丢包率方面都低于 FMIPv6, 具有较好的性能.

**关键词:** 移动流控制传输协议; 快速切换; 绑定更新; 切换延迟

**中图分类号:** TP393 **文献标志码:** A

### 0 引言

移动 IPv6 (Mobile IPv6, MIPv6) 支持节点的移动性, 但是在切换过程中移动节点 (Mobile Node, MN) 无法发送和接收数据分组, 造成通信中断, 无法满足实时通信的需求. 为了在不同网络间实现无缝切换, IETF 提出了快速移动 IPv6 (Fast Handovers for Mobile IPv6, FMIPv6)<sup>[1]</sup>. FMIPv6 旨在将第三层切换和第二层切换并行执行, 将部分网络层操作提前到链路层切换之前进行, 并通过隧道转发分组降低切换过程中的丢包率, 但同时引入信令传输和路由器缓存的开销, 也存在绑定更新过程复杂的问题. 现有的很多改进算法, 例如文献[2]将快速层次切换结合, 文献[3]利用 PAR 提前注册, 都不同程度地提高了切换性能, 但都没有从根本上简化绑定注册的过程.

笔者提出一种新的跨层快速切换方案 mSCFHS (mSCTP-based Cross\_layer and Fast Handover Scheme), 利用移动流控制传输协议 (mobile Stream Control Transport Protocol, mSCTP)<sup>[4]</sup> 实现快速切换, 通过传输层和网络层切换的结合, 利用 mSCTP 的动态地址重配置 (Dynamic Address Reconfiguration, DAR)<sup>[5]</sup> 功能提前完成向通信对端 (Correspondent Node, CN) 的绑定注册. 仿真实验表明, 该方案可以有效减少切换延迟和丢包率, 提高数据的传输效率.

### 1 FMIPv6

MIPv6<sup>[6]</sup> 中, MN 进入新链路后需要进行移动检测、转交地址配置和绑定更新操作, 引起较长的切换延迟, 并产生丢包现象. 为加速 MIPv6 的切换过程, IETF 提出了 FMIPv6, 分为预测型和反应型, 笔者的改进方案基于预测型快速切换.

#### 1.1 切换流程

预测型快速切换的操作流程描述如下:

(1) MN 根据第二层触发信号预测自己即将进入新子网并发现新接入点 (AP), 于是向前接入路由器 (PAR) 发送路由器请求代理通告消息 Rt-SolPr 请求新接入路由器 (NAR) 的相关信息;

(2) PAR 查找得到 NAR 的子网前缀信息并封装在代理路由器通告消息 PrRtAdv 中, 返回给 MN;

(3) MN 根据这些消息配置新转交地址 (New Coa-of Address, NCoA), 向 PAR 发送包含 NCoA 的快速绑定更新 FBU 消息, 开始网络层切换;

(4) PAR 向 NAR 发送切换初始化消息 HI;

(5) NAR 对 NCoA 进行重复地址检测 (DAD) 后, 向 PAR 发送切换确认消息 HAck. 此时, PAR 与 NAR 之间的双向隧道建立完毕, MN 和 CN 通信的数据分组经隧道转发给 NAR, NAR 将对分组进行缓存.

(6) PAR 收到 HAck 后, 向 MN 发送 FBACk;

收稿日期: 2011-04-17; 修订日期: 2011-05-20

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目 (2010A520040)

作者简介: 李向丽 (1965-), 女, 河南尉氏人, 郑州大学副教授, 主要从事计算机网络方面的研究, E-mail: iexlli@zzu.edu.cn.

(7) 二层切换后, MN 检测到自己到达 NAR, 主动向 NAR 发送快速邻居通告消息 FNA, NAR 向 MN 转发之前缓存的数据分组, NAR 响应给 MN 邻居通告确认消息;

(8) MN 向家乡代理(HA)和 CN 发送绑定更新 BU 消息注册 NCoA;

(9) MN 收到 HA 和 CN 发送的绑定确认 BA 消息表示绑定成功. 至此, 整个切换过程完成.

## 1.2 优缺点

FMIPv6 中 MN 与原链路断开之前获得 NCoA, 因此, 一旦 MN 与新链路建立连接, 就可以立即使用 NCoA, 从而减少了移动检测、转交地址配置和重复地址检测的过程, 减少了切换延迟. 切换期间, MN 和 CN 之间的数据分组经隧道转发给 NAR, NAR 对其进行缓存, 降低了丢包率.

但是该协议存在以下问题: ①增加了信令负载, 如 MN 与 PAR、NAR 之间的 FBU、HI、HACK、FBACK 等消息的传输; ②通过隧道传输数据增加了端到端的延迟, 降低了数据的传输效率; ③路由器需要增加空间存储转发数据分组, 增加了路由器的负载; ④向 CN 绑定更新前的返回路径可达 (RRP) 对家乡地址和新转交地址进行认证的过程, 产生较大的时延.

因此笔者提出一种改进方案, 不需要建立隧道, 减少由隧道引起的一系列开销; 直接利用 mSCTP 的动态地址重配置协议, 在断开连接前向 CN 注册, 消除复杂的 RRP 认证过程, 减少切换延迟和通信中断的时间.

## 2 改进方案

### 2.1 基本思想

为了实现平滑切换, FMIPv6 协议通过网络层切换增加了网络的复杂度, 而且加重了路由器的负担. 而传输层切换把移动管理从网络层提升至传输层, 使参与通信的节点进行移动切换管理, 减少网络层切换带来的额外负载, 加速切换的完成.

流控制传输协议 SCTP<sup>[7-9]</sup> 是 IETF 提出的一种端到端、面向消息流、面向连接的传输层协议. mSCTP 是增加了动态地址配置功能的 SCTP 协议, 将 SCTP 协议的多家乡特性与动态地址配置相结合, 更好地支持了端到端的移动性.

mSCTP 中, MN 有多个 IP 地址, 其中一个为主地址, 其余为备用地址. 移动过程中 MN 通过设置动态地址配置消息 (Address Configuration, ASCONF) 及其确认消息 ASCONF-ACK 的参数完成

添加、删除、改变主 IP 的操作<sup>[10]</sup>.

笔者改进方案是将 mSCTP 融合到 FMIPv6 的切换过程中, 将网络层和传输层的切换相结合, 消除建立隧道的过程, 并且利用 DAR 简化绑定更新操作, 其特点表现在以下几个方面: ①MN 仍在 PAR 时提前向 HA 绑定注册; ②链路层切换之前完成向 CN 的注册过程; ③消除对端注册前的返回路径可达过程, 最大程度地减少绑定更新过程引起的切换延迟, 优化注册过程.

### 2.2 实现流程

mSCFHS 的工作流程如图 1 所示, 分为以下 3 个阶段.

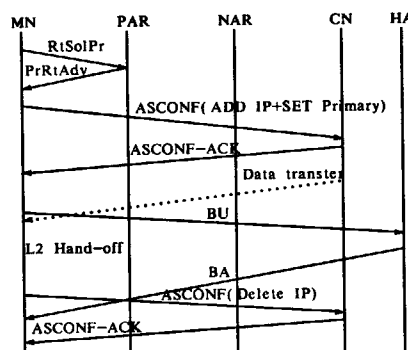


图1 mSCFHS 切换流程

Fig. 1 Handover procedures in mSCFHS

#### 2.2.1 切换准备阶段

当 MN 预测即将进入新链路时, 向 PAR 发送 RtSolPr 消息, 请求得到 NAR 所在链路的前缀信息. PAR 将这些消息封装在 PrRtAdv 中返回给 MN. MN 根据这些消息用无状态地址自动配置方法<sup>[11]</sup>获得 NCoA.

#### 2.2.2 动态绑定更新阶段

MN 向 CN 发送 ADD-IP ASCONF 消息, 通知 CN 自己的新地址, CN 在关联地址集中保存该地址, 同时 MN 发送 Set-Primary ASCONF 消息, 通知 CN 设置该地址为主地址. 然后, CN 向 MN 发送 ASCONF-ACK, 通知 CN 已经成功动态添加新 IP 地址并设置主地址. 此后, CN 可以通过 NCoA 和 MN 进行通信. MN 向 HA 发送 BU 告知自己的当前位置, 将 NCoA 与家乡地址进行绑定. 这时, MN 开始进行二层切换, 而不必等到 HA 发送 BA 之后再行. 如果 MN 移动过快, 没有向 HA 发送 BU 或者 HA 由于某些原因没有收到该 BU, 当 MN 进入新链路后, 按照 MIPv6 的方法, 重新向 HA 发送 BU 进行绑定更新.

该阶段既完成了向 CN 绑定注册, 又发起向 HA 的绑定, 将整个注册过程都提前进行, 大大缩

短了绑定更新时延. 不需要建立隧道, 减少了许多信令的交互及其产生的缓存开销, 同时也降低了端到端的延迟, 提高了数据传输效率.

### 2.2.3 删除原转交地址阶段

MN 已经完成链路层切换, 到达新链路, 由于已经获得 NCoA, MN 可以收到 CN 发送的数据包. 当 MN 感知不到先前链路信号时, 则认为自己已经完全切换到新的链路, 向 CN 发送 Delete-IP AS-CONF 消息. CN 收到该消息后从关联地址集中删除 PCoA 并向 MN 发送 ASCONF-ACK 消息作为应答. MN 收到该确认消息后, 同样把 PCoA 从自己的关联地址集中删除.

### 2.3 性能分析

切换延迟是衡量移动网络性能的一项重要指标.

FMIPv6 的切换延迟为

$$T_{(\text{FMIPv6})} = T_{(\text{L2})} + T_{(\text{BU})}.$$

式中:  $T_{(\text{L2})}$  表示二层切换的延迟;  $T_{(\text{BU})}$  表示向 HA 和 CN 绑定更新引起的切换延迟.

mSCFHS 协议中, MN 已提前利用 DAR 功能向 CN 注册新 CoA, 在切换完成之后, 不需向 CN 注册和进行 RRP 过程, 并且在二层切换之前向 HA 发送 BU, 所以该方案的切换延迟为

$$T_{(\text{mSCFHS})} = T_{(\text{L2})}.$$

如果 MN 进入新链路向 HA 绑定注册, 则切换延迟为

$$T_{(\text{mSCFHS})} = T_{(\text{L2})} + T_{(\text{BU\_HA})}.$$

式中:  $T_{(\text{BU\_HA})}$  表示 MN 向 HA 进行绑定更新所需的时间.

由上可知, 改进方案 mSCFHS 可以使绑定更新的代价最小化, 减少切换延迟. 由于  $T_{(\text{BU})}$  包括返回路径可达过程所需的时间, 所以必有  $T_{(\text{BU})} > T_{(\text{BU\_HA})}$ , 可见即使在最坏情况下, mSCFHS 的切换延迟仍低于 FMIPv6.

另外, 在 FMIPv6 中建立隧道需要 MN、PAR 和 NAR 间使用 FBU/FBA 和 HI/HAck 消息对进行交互, 而且在向 CN 进行绑定更新前的 RRP 过程中, 需要使用家乡测试初始化 HoTI/家乡测试 HoT 和转交测试初始化 CoTI/转交测试 CoT 消息的交互, 消息的传输占有一定的带宽, 且加重了节点处理消息的负担. 而 mSCFHS 消除了建立隧道和 RRP 过程, 减少了相应的信令开销, 节省了带宽资源; MN 同时发送 ADD-IP ASCONF 和 Set-Primary ASCONF, 最小化两个操作间的时间间隔, 最大化减少切换延迟和信令负载.

因此, 与 FMIPv6 相比, mSCFHS 减少了总切换

时延和信令开销, 从而降低了通信中断时间和传输延迟, 提高了带宽利用率.

## 3 仿真实验及结果分析

### 3.1 仿真模型

使用 Lawrence Berkeley 实验室开发的 NS2<sup>[12]</sup> 作为仿真平台, 对 FMIPv6 和 mSCFHS 进行模拟, 仿真网络拓扑结构如图 2 所示.

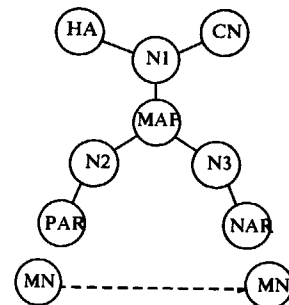


图 2 仿真网络拓扑结构

Fig. 2 Simulation network topology structure

仿真实验中有 9 个节点, 包括 8 个有线节点和 1 个移动节点, 均匀分布在正方形区域内. MAC 协议采用 IEEE 802.11, 无线路由协议为 NOAH. 实验采用 CBR (Constant Bit Rate) 流量源, 包的大小为 1 000 Bytes, 传输速率为 100 kbps ~ 1 Mbps. CN 与 UDP 端相连, 以特定的速率发送分组, MN 与 null 接收器连接, 接受数据. 仿真开始后, CN 从第 5 s 开始向 MN 发送 UDP 数据, 一直到整个实验结束, 总的模拟时间是 80 s.

### 3.2 仿真结果分析

图 3 描述了不同 CBR 流量时 MN 从 PAR 移动到 NAR 所产生的切换延迟. 由图 3 可知, mSCFHS 的切换延迟整体上明显低于 FMIPv6, 改进后的切换延迟比原协议减少将近 50%, 尤其 CBR 流量小于 800 kbps 时, mSCFHS 切换延迟均小于 200 ms, 能够更好地支持实时业务, 表现出更好的性能.

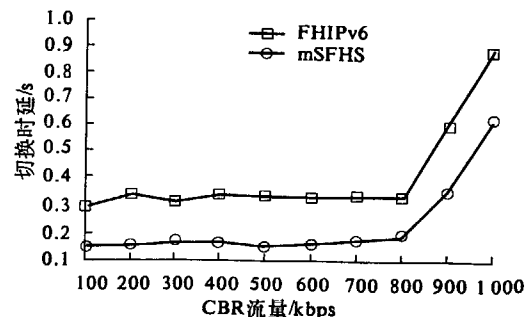


图 3 不同 CBR 流量下的切换延迟

Fig. 3 The handover latency under different CBR speed

图4为不同CBR流量下MN从PAR移动到NAR的丢包情况.显而易见,mSCFHS的丢包率大大减少,特别是CBR流量小于等于700 kbps时,丢包率几乎为0,与图3中切换延迟的表现一致,这是因为CN直接通过NCoA向MN发送数据分组,减少了转发过程的丢包率.

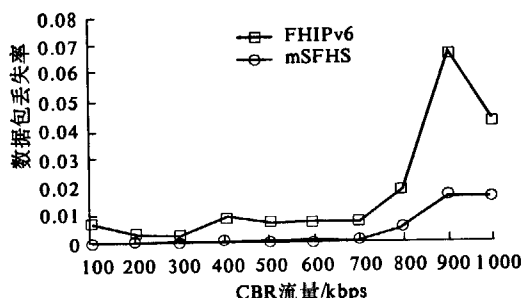


图4 不同 CBR 流量下数据包丢失率

Fig.4 The packet loss rate under different CBR speed

#### 4 结论

mSCFHS 把网络层切换和传输层切换有效结合,利用 mSCTP 的 DAR 向通信对端进行注册,使绑定更新过程得到简化,同时消除了建立隧道的过程,减少了随之产生的信令和缓存开销.另外,该协议把向 HA 注册的过程也提前到链路层切换之前进行,减少绑定注册产生的时延,实现了快速切换.仿真实验表明,改进的 mSCFHS 协议的整体

性能优于 FMIPv6 协议.

#### 参考文献:

- [1] RFC4068, Fast handover for mobile IPv6[S].
- [2] MUN Youngsong, LEE Kyunghye. Fast Macro Mobility Handovers in HMIPv6[C]//IETF draftmun-mipshop-fhmacro-05. txt. October 14, Soongsil University. 2010.
- [3] LI Qiao-long, HUANG Kai-zhi, JIN Liang. Using Concurrently Executing Mechanism to Provide Secure Handoff Optimization for IPv6-based Wireless Networks[C]. Barcelona, Spain: IEEE Press, 2009:1-5.
- [4] RIEGEL M, TUEXEN M. IETF draft: Mobile SCTP, draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-09. txt [EB/OL]. http://www.ietf.org, 2007.
- [5] RFC5061, Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration[S].
- [6] RFC3775, Mobility support in IPv6[S].
- [7] RFC 4960, Stream Control Transmission Protocol[S].
- [8] RFC 2960, Stream Control Transmission Protocol[S].
- [9] RFC3758, Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Partial Reliability Extension[S].
- [10] 董德才. 移动场景中基于 mSCTP 的多路传输技术研究[D]. 北京:北京邮电大学信息工程学院, 2008: 4-5.
- [11] RFC4862, IPv6 Stateless Address Auto configuration[S].
- [12] 徐雷鸣, 庞博, 赵耀. NS 与网络模拟[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.

### mSCTP-based Cross\_layer and Fast Handover Scheme

LI Xiang-li, WANG Wei-feng, GAO Yan-hong, SUN Xiao-lin

(School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The procedure of tunnel establishment and binding update in FMIPv6 leads to the unnecessary overhead and longer handover latency. This paper proposes a new scheme, called mSCTP-based Cross\_layer and Fast Handover Scheme (mSCFHS), which configures the new CoA of Address using the Layer 2 trigger mechanism, registers with the correspondent node by the dynamic address reconfiguration to eliminate the procedure of address authentication and performs the binding update to the home agent in advance. The simulation results show that mSCFHS has better performance on the handover latency and packet loss compared with the FMIPv6 protocol.

**Key words:** mobile stream control transport protocol; fast handover; binding update; handover latency