

· 计算机工程与应用 ·

## 基于云存储的高效F-HMIPv6切换协议

马华<sup>1</sup>, 刘雪<sup>1</sup>, 刘振华<sup>1,2,3</sup>, 乔丹丹<sup>1</sup>

(1. 西安电子科技大学数学与统计学院 西安 710071; 2. 桂林电子科技大学广西信息科学实验中心 广西 桂林 541004;  
3. 中国科学院信息工程研究所信息安全国家重点实验室 北京 海淀区 100093)

**【摘要】**提出了一种基于云存储的F-HMIPv6切换协议,引入云存储服务商为可接入路由和移动锚点管理转交地址列表,维护列表中转交地址的唯一性与可用性,可接入路由与移动锚点直接向云存储服务商申请获取转交地址,避免了重复地址检测操作和可接入路由与移动锚点自己维护转交地址列表的负担。该协议还可缩短切换发起消息和快速确认消息的消息长度。分析表明,与标准F-HMIPv6切换协议相比,该协议能有效缩短切换时延,节省网络带宽资源和增加协议实用性。

**关键词** 云存储; F-HMIPv6切换协议; 切换时延; 移动IPv6

中图分类号 TP393

文献标志码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2014.02.014

## Efficient F-HMIPv6 Protocol Based on Cloud Storage

MA Hua<sup>1</sup>, LIU Xue<sup>1</sup>, LIU Zhen-hua<sup>1,2,3</sup>, and QIAO Dan-dan<sup>1</sup>

(1. School of Mathematics and Statistics, Xidian University Xi'an 710071;

2. Guangxi Experiment Center of Information Science, Guilin University of Electronic Technology Guilin Guangxi 541004;

3. State Key Laboratory of Information Security, Institute of Information Engineering, Chinese Academy of Sciences Haidian Beijing 10093)

**Abstract** An efficient F-HMIPv6 protocol based on the cloud storage is proposed in this paper. Cloud storage servicer is introduced to manage care-of address(CoA) list for access router (AR) and mobile anchor point (MAP), and maintain the uniqueness and usability of addresses listed in it. CoA is applied for directly to the cloud storage servicer by AR and MAP, so the address detection operation is avoided, and AR and MAP do not need to maintain the addresses list. The protocol could reduce the length of message handover initiate(HI) and handover acknowledge(HACK). Compared with the standard F-HMIPv6 protocol, the protocol has the significant advantages of reducing the handover latency, saving the network's bandwidth, and increasing the protocol's practicability.

**Key words** cloud storage; F-HMIPv6 protocol; handover latency; mobile IPv6

随着无线通信技术以及便携终端的飞速发展,传统的固定网路技术已经不能满足人们对互联网的需求。为此, IETF提出了移动IPv6(mobile IPv6, MIPv6)切换协议<sup>[1]</sup>。为了缩短MIPv6的切换时延以满足多媒体应用等业务对实时性的高要求, IETF在层次移动IPv6(hierarchical MIPv6, HMIPv6)切换协议<sup>[2]</sup>的基础上引入快速移动IPv6 (fast MIPv6, FMIPv6)机制<sup>[3]</sup>,提出了F-HMIPv6(fast-hierarchica MIPv6, F-HMIPv6)切换协议<sup>[4]</sup>。FMIPv6的主要设计思想是引入链路层移动预测机制,在移动节点切换到新网络前完成移动检测、转交地址配置与重复地址检测过程,减小切换延迟。而F-HMIPv6可以使移动网络

中的移动节点在发生移动切换时降低切换延时,减少信令负载。

MIPv6切换主要包括两个阶段,首先是链路层切换,其切换速度快;其次是IP层切换,其切换复杂耗时,所以对MIPv6切换技术的研究主要就是对IP层切换的研究。MIPv6切换过程包括移动检测、IP地址配置及绑定更新3个阶段。在F-HMIPv6中,利用HMIPv6机制减少了移动节点(mobile node, MN)频繁移动而与家乡代理(home agent, HA)、通信节点(correspondent node, CN)进行绑定更新的次数;利用FMIPv6机制取消了MN切换到新子网时的移动检测。

收稿日期: 2012-06-25; 修回日期: 2013-05-16

基金项目: 国家自然科学基金(61100229, 61173151, 11101321); 陕西省教育厅科研计划(12JK0852); 信息安全国家重点实验室开放基金(GW0704127001); 中央高校基本科研业务费专项资金(K5051270003)

作者简介: 马华(1963-), 女, 教授, 主要从事网络安全的理论与技术方面的研究。

虽然F-HMIPv6的切换速度得到了较大提高,但切换过程中MN的转交地址(CoA)配置过程却与文献[1-3]一样需进行重复地址检测(duplicate address detection, DAD)操作。研究表明,带有DAD操作的移动切换最好情况下切换时延为1.2~2.0 s,而DAD时延达到了90%以上,这使得带DAD操作的切换时延无法满足多媒体实时业务中切换时延需在600 ms以内的要求。而在F-HMIPv6中,当MN在域间切换时需对MN的链路转交地址(on-link CoA, LCoA)和区域转交地址(regional CoA, RCoA)都进行DAD操作,可见DAD操作对F-HMIPv6切换性能的影响更大。

作为网络核心支持技术的移动IPv6,如何有效提高其切换性能,减少切换延迟的产生,对于提高整个网络的性能有着非常重要的影响。要改善移动IPv6中F-HMIPv6的切换性能最关键的就是减少DAD操作带来的影响。目前已有一些针对MIPv6 DAD的优化方案<sup>[5-7]</sup>,文献[8]提出了无DAD操作的基于地址池的有状态自动配置方案,文献[9]提出了发现地址重复时快速产生新地址的方法。但文献[5]方案只适应于网络节点较少的情况,而文献[6-8]方案增加了移动锚点(MAP)和可接入路由(AR)管理和维护可用CoA列表的负荷,且这些方案若应用到F-HMIPv6中皆需进一步改进。为此,本文提出了一种新的基于云存储的F-HMIPv6切换协议。该协议不仅能够避免F-HMIPv6中对LCoA和RCoA的DAD操作,还能取消AR和MAP维护和管理可用CoA列表的负担,从而能有效改善F-HMIPv6的切换性能。

## 1 新协议描述

### 1.1 基本概念及其符号

本文协议中使用的消息符号说明如下:切换发起消息(handover initiate, HI)、快速确认消息(handover acknowledge, HAcK)、快速绑定更新消息(fast binding update, FBU)、快速绑定确认消息(fast binding acknowledge, FBack)、快速邻居通告消息(fast neighbor advertisement, FNA)、链路转交地址请求(LCoA request, LCoA-Req)、链路转交地址应答消息(LCoA acknowledge, LCoA-Ack)、链路层绑定更新消息(local binding update, LBU)、链路层绑定更新确认消息(local binding acknowledge, LBack)。

### 1.2 云存储服务功能

随着云计算的飞速发展,云存储<sup>[10-11]</sup>也在逐渐受到人们的青睐。云存储不仅是存储也更是服务。用户使用云存储,并不是仅使用某一个存储设备,

而是更多地使用整个云存储系统带来的一种数据访问服务。本文引入云存储服务商(cloud storage servicer, CSS)为AR和MAP来维护一个无冲突的CoA列表, MN需要新的CoA时就向相应的MAP或AR请求可直接使用的CoA, 而无需对该CoA进行DAD操作。

移动互联网、云存储、物联网等新兴技术的快速发展加大了人们对IP地址的需求。由于云存储具有超强可扩展性、不受具体地理位置所限和可跨不同应用等特点,故本文协议中假设有一个CSS可为某一区域(如一个国家)内所有节点提供所需服务。如图1所示描述了本文协议中CSS的功能原理: CSS首先通过路由器发现机制和MAP发现机制搜寻自己服务范围内的AR和MAP, 然后向搜到的AR和MAP发送消息并从它们的回复消息中获得产生转交地址所需的信息; 每个AR/MAP在有空闲带宽时随机生成一些LCoA或RCoA并发送给CSS, CSS收到后对其进行可用性和唯一性验证, 验证通过则将其加入为相应AR/MAP建立的可用CoA列表中; AR/MAP需要时向CSS发送CoA申请消息, CSS根据收到的申请消息从相应AR/MAP的CoA列表中选择合适的LCoA/RCoA返回。

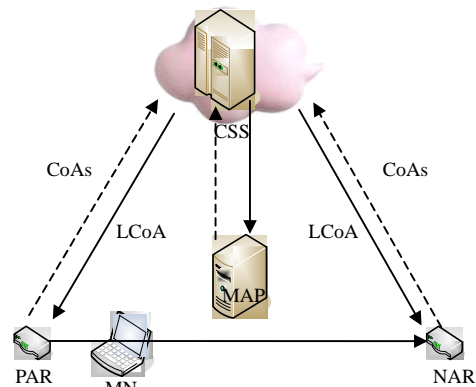


图1 CSS功能原理

### 1.3 新F-HMIPv6切换协议的描述

为了使MN能够向检测到的NAR(new AR)请求到NLCoA(new LCoA), 本文协议增加了LCoA-Req/LCoA-Ack消息。此外, 假设网络中所有节点都支持基于云存储的F-HMIPv6切换协议, 网络中CSS按节1.2所述为所有MAP/AR提供管理和维护CoA列表的服务。

新协议的切换过程具体描述如下:

#### 1) 域内切换

MN在域内切换时只改变LCoA不改变RCoA。MN首先通过链路层触发机制发现NAR, 收到NAR

发送的路由通告后, 向该NAR发送LCoA-Req消息请求自己的NLCoA; NAR收到LCoA-Req消息后向CSS为MN申请一个可用的NLCoA, 并通过LCoA-Ack消息返回该地址; MN收到LCoA-Ack消息后, 不需要对其中的NLCoA进行DAD操作, 直接利用该NLCoA开始进行如图2中所示的切换操作。

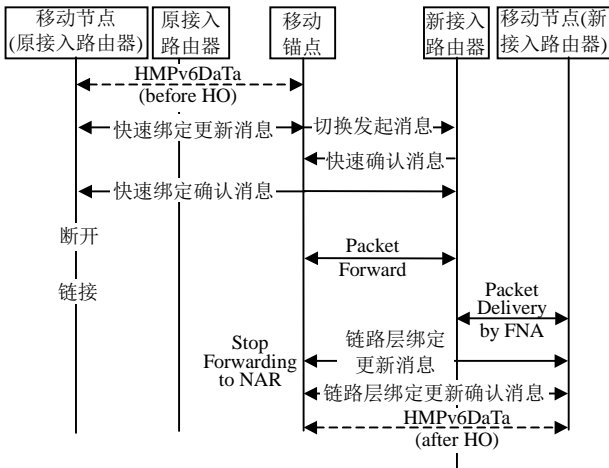


图2 新F-HMIPv6协议切换过程

① MN利用从LCoA-Ack消息中得到的NLCoA向MAP发送FBU消息, 将PLCoA (Previous LCoA)和NLCoA进行快速绑定。

② MAP收到MN发来的FBU消息后立刻向NAR发送HI消息向NAR发起切换, 建立和NAR之间的双向隧道。

③ NAR收到MAP发来的HI消息后, 为MN建立一个代理邻居缓存词条(proxy neighbor cache entry)并实施保护, 然后发送HACK消息给MAP做为HI消息的应答, 完成与MAP间双向隧道的建立。

④ MAP收到HACK消息后, 立刻向MN和NAR发送FBack消息, 告知切换成功。同时, MAP开始把发往MN的数据通过隧道转发给NAR, NAR将其缓存到在③中为MN建立的缓存中, 直到MN成功链接到NAR的链路上。

⑤ MN检测到自己进入NAR链路后利用自己的NLCoA重新进入连接状态并向NAR发送FNA消息, NAR收到FNA消息后把缓存的发往MN的数据转发给MN。

⑥ MN发送LBU消息给MAP告知自己已链接到NAR链路。

⑦ MAP向MN发送LBack消息作为LBU消息的应答, 同时停止通过隧道向NAR转发消息并撤销隧道。切换完成, MN开始正常使用自己的NLCoA。域内切换完成后 HA/CN 仍通过 PRCoA(previous

RCoA)与MN进行通信。

2) 域间操作

MN进行域间切换时要同时改变LCoA和RCoA, MN移动到一个新的MAP域后, 首先按照域内切换操作获得一个可用的NLCoA, 然后利用该NLCoA向MAP发送LBU消息, MAP收到MN发来的LBU后, 向CSS为MN申请一个可用的NRCoA(new RCoA), 并在LBack中以家乡地址选项的形式发送给MN。MN收到LBack后, 解析其中的家乡地址选项, 获得NRCoA, 之后MN就可以用该NRCoA向HA和CN进行绑定。域间切换完成后HA/CN通过NRCoA与MN进行通信。

## 2 性能分析

实时业务对切换时延的高要求和MN的内存小等特点, 使得缩短F-HMIPv6切换时延和节省带宽资源成为提高F-HMIPv6协议性能的关键。与标准F-HMIPv6协议相比, CSS的引入使本文协议在MN的漫游切换过程中有如表1所示特点。

表1 与标准F-HMIPv6协议的比较

| 协议         | 切换时延/s      |
|------------|-------------|
| 标准F-HMIPv6 | 0.6 ~ 1.2   |
| 本文协议       | 0.06 ~ 0.12 |

1) 取消了对MN的LCoA和RCoA的DAD操作, 减少了F-HMIPv6中90%以上的IP层切换时延, 使协议能更好地实现无缝切换。

2) FBU中CoA无需进行DAD操作, HI消息和HACK消息仅用于MAP和NAR之间双向隧道的建立, 缩短了HI和HACK的消息长度节省了带宽资源。

3) FBU中CoA是确定可用的, FBU消息和FBack消息仅用于实现PCoA和NCoA的绑定, 简化了NAR收到FBU后的操作。

4) 避免了AR和MAP自己维护CoA列表的网络负荷。

5) 取消了MN用于从MAP获得NAR网络前缀等信息的理由请求代理消息(RtSolPr)和代理路由通告消息(PrRtAdv), 在域内切换中增加了LCoA-Req消息和LCoA-Ack消息, 使得MN可直接向NAR申请所需的NLCoA。

此外, 云存储系统的优点和相关技术的快速发展<sup>[12]</sup>使本协议在应用过程中具有专业化管理CoA列表、降低CoA列表维护成本、提高网络存储资源利用率、加快CoA分配速度等优势。

### 3 结束语

本文提出了一个在云计算环境下可用的基于云存储的高效F-HMIPv6切换协议。协议中引入CSS为AR和MAP管理和维护CoA列表,既能取消切换过程中的DAD操作减少F-HMIPv6中90%以上的IP层切换时延,又能避免AR和MAP自己维护CoA列表的负担;协议缩短了HI消息和HACK消息的消息长度,节省了网络带宽资源;协议还简化了切换过程中节点执行的操作,提高了节点切换效率;云存储系统的应用同时使本协议在专业化管理CoA列表、降低CoA列表维护成本、加快CoA分配速度、提高网络存储资源利用率等方面获得优势,增加了协议的实用性。

#### 参 考 文 献

- [1] PERKINS C. IP mobility support[DB/OL]. [2012-03-12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [2] SOLIMAN H, CASTELLUCCIA C, ELMALKI K, et al. Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6) [DB/OL]. [2012-03-12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [3] KOODLI R. Fast handovers for mobile IPv6(FMIPv6) [DB/OL]. [2012-03-12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [4] JUNG H Y, SOLIMAN H, KOH S J, et al. Fast handover for hierarchical MIPv6(F-HMIPv6)[DB/OL]. [2012-03-12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-jung-mobopts-fhmiv6-00>.
- [5] MOORE N. Optimistic duplicate address detection (DAD) for IPv6[DB/OL]. [2012-03-12]. <http://www.ietf.org/rfc.html>.
- [6] HAN Y, CHOI J, PARK S. Advance duplicate address detection[DB/OL]. [2011-03-22]. <http://www.ietf.org/internet-draft-han-mobileip-adad-01.txt>, 2003.
- [7] RADHWAN M, SHAMALA K. Fast handover technique for efficient IPv6 mobility support in heterogeneous networks[J]. Computer and Information Science, 2011, 181(3): 419-428.
- [8] JUNG H Y, KOH S J, KIM D Y. Address pool based stateful NCoA configuration for FMIPv6[EB/OL]. [2012-03-12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-jung-mipshop-stateful-fmipv6-00>.
- [9] CHEN Y H, WU T Y, LEE W T. A novel mechanism to improve handover efficient considering the duplicate address occurs in HMIPv6[C]/IEEE Workshops of International Conference on Advanced Information Networking and Application. Singapore: IEEE, 2011: 658-663.
- [10] 唐箭.云存储系统的分析与应用研究[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(20): 5337-5338, 5340.  
TANG Jian. Research and application of the cloud computation storage system[J]. Computer Knowledge and Technology, 2009, 5(20): 5337-5338, 5340.
- [11] CHRISTIAN C, KEIDAR I, SHRAER A. Trusting the cloud[J]. Newsletter ACM Sigact News, 2009, 40(2): 81-86.
- [12] 吴朱华. 云计算核心技术剖析[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011.  
WU Zhu-hua. The analysis of the cloud computing technology[M]. Beijing: Post & Telecom Press, 2011.

编辑 张俊