

## 基于主机标识协议的增强型分布式移动管理

贾磊<sup>1,2,3</sup>, 王灵娇<sup>1,2\*</sup>, 郭华<sup>1,2</sup>, 许亚伟<sup>3</sup>, 李娟<sup>3</sup>

(1. 湘潭大学 信息工程学院, 湖南 湘潭 411105; 2. 智能计算与信息处理教育部重点实验室(湘潭大学), 湖南 湘潭 411105;

3. 西昌卫星发射中心 通信总站, 四川 西昌 615000)

(\* 通信作者电子邮箱 151848770@qq.com)

**摘要:** 将宏移动性管理的主机标识协议(HIP)应用于分布式移动性管理(DMM)构架,并将聚合服务器(RVS)与DMM中的移动性接入路由MAR功能集成于分布式接入网关(D-GW)。采用扩展HIP协议数据包头的参数,在注册D-GW的HIP BEX消息中携带切换前D-GW的主机标识符的二元组(HIT, IP地址),新D-GW根据此二元组信息向前一个D-GW注册并建立的隧道,将缓存在前D-GW中的数据转给新D-GW。这一切换机制可有效地保证数据完整性,仿真结果表明该方法能有效减少总的信令开销,同时基于HIP的移动性管理使节点的安全性得到了保证。

**关键词:** 主机标识协议; 分布式移动管理; 主机标识标签; 信令开销; 数据完整性; 切换

**中图分类号:** TN915.04; TP393 **文献标志码:** A

## Enhanced distributed mobility management based on host identity protocol

JIA Lei<sup>1,2,3</sup>, WANG Lingjiao<sup>1,2\*</sup>, GUO Hua<sup>1,2</sup>, XU Yawei<sup>3</sup>, LI Juan<sup>3</sup>

(1. College of Information Engineering, Xiangtan University, Xiangtan Hunan 411105, China;

2. Key Laboratory of Intelligent Computing & Information Processing Ministry of Education (Xiangtan University), Xiangtan Hunan 411105, China;

3. Communications station, Xichang Satellite Launch Center, Xichang Sichuan 615000, China)

**Abstract:** The Host Identity Protocol (HIP) macro mobility management was introduced into Distributed Mobility Management (DMM) architecture, and Rendezvous Server (RVS) was co-located with the DMM mobility access routing functionality in Distributed Access Gateway (D-GW). By extending the HIP protocol package header parameters, the HIP BEX messages carried host identifier tuple (HIT, IP address) to the D-GW new registered, and the new D-GW forwarded the IP address using the binding message. Through the established tunnel, data cached in the front D-GW would be later loaded to the new D-GW. This paper proposed a handover mechanism to effectively ensure data integrity, and the simulation results show that this method can effectively reduce the total signaling overhead. Furthermore, the security of HIP-based mobility management can be guaranteed.

**Key words:** Host Identity Protocol (HIP); Distributed Mobility Management (DMM); Host Identity Tag (HIT); signaling overhead; data integrity; handover

## 0 引言

现有的移动管理协议 MIPv6 (Mobile IPv6) 和 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) 都有中心锚点,前者是家乡代理 (Home Agent, HA),后者是本地移动锚 (Local Mobility Anchor, LMA),其作用是实现对数据包的处理、转发以及移动节点的绑定注册和建立通信隧道<sup>[1-2]</sup>,均属于集中式移动管理协议,其局限性有路由次优化、低扩展性、信令过载、网络部署复杂、单点故障以及不能区分基于流的移动性管理服务等<sup>[3]</sup>。

互联网工程任务组 (Internet Engineering Task Force, IETF) 为了解决集中式移动管理带来的不足进而提出了分布式移动管理 (Distributed Mobility Management, DMM)<sup>[4]</sup>。其核心思想是将移动管理实体部署在网络边缘的接入路由器,使它更靠近终端,其移动管理的控制平面和数据平面分离,用户可继续使用以前分配的家乡网络前缀 (Home Network Prefix,

HNP),也能利用实体分配新网络前缀发起新的会话从而实现移动管理,属于分布式和动态式的管理。

主机标识符协议 (Host Identity Protocol, HIP) 通过在网路层和传输层之间新增一个主机标识层,可以实现主机标识符 (Host Identity Tag, HIT) 和网络寻址符 (IP 地址) 间的相互映射<sup>[5]</sup>。HIP 协议以新的名字空间——HIT 作为终端的身份标识,IP 地址只作为节点位置标识。通信双方通过 HIP 的基本交互协议 (Basic EXchange, BEX) 建立 HIP 连接,即使 IP 地址改变,双方仍然可以进行通信,具有与传统 TCP/IP 协议不同的通信特征。

HIP 引入聚合服务器 (Rendezvous Server, RVS) 来实现节点移动性<sup>[6]</sup>。RVS 保存注册节点的映射关系二元组 (HIT, IP 地址),并且与扩展了的 DNS 服务配合实现扩展的 HIP 协议<sup>[7]</sup>。

文献[8]对两种分布式移动管理进行了研究,提出了完

收稿日期: 2013-07-15; 修回日期: 2013-09-26。

**作者简介:** 贾磊 (1986-), 男, 陕西榆林人, 助理工程师, 硕士研究生, 主要研究方向: 下一代移动网络技术; 王灵娇 (1971-), 女, 四川南充人, 副教授, 博士, 主要研究方向: 宽带 IP 网络; 郭华 (1976-), 女, 四川广安人, 高级实验师, 硕士, 主要研究方向: 风电信息技术; 许亚伟 (1979-), 男, 河南周口人, 工程师, 硕士, 主要研究方向: 光纤传输、网络管理; 李娟 (1972-), 女, 辽宁丹东人, 工程师, 主要研究方向: 光纤传输。

全分布式移动性管理存在的主要问题是:如何区分 MN 是首次接入分布式网关,还是切换到新网, MN 需获取前一接入的分布式网关 (Distribute-Gateway, D-GW) 位置信息。文献提出的方法有:广播 PBU、终端提供、自动获得、IEEE 802.2 支持等。这些方法或具有较大的信令开销,或需终端参与,违背网络移动性管理的原则,安全性也不能得到保证。文献[9]提出两种将 HIP 协议应用在分布式移动管理的方法:一是每一个 D-GW 都部署 RVS,利用广播消息实现位置更新;二是重用 I1 消息来更新节点的接入信息。但这两种方法具有较大的位置更新时延和信令开销。文献[10]提出了一种将 HIP 协议与区域管理协议 PMIPv6 相结合的移动管理架构,解决了 HIP 不能提供微移动性管理的问题。本文针对现在完全分布式移动管理中存在的问题,提出了一种增强型的分布式网关实现完全分布式移动性管理,其方法是将 DMM 中的移动接入路由 (Mobility capable Access Router, MAR) 和 HIP 协议中的聚合服务器 RVS 功能整合部署在接入路由器,定义了新的 HIP 参数,即在 HIP BEX 的 I1 消息中携带切换前 D-GW 地址消息,并据此以绑定消息完成新旧 D-GW 之间安全隧道的建立,将旧 D-GW 的缓存消息经隧道转发给新 D-GW,保证数据的完整性。

## 1 相关研究

### 1.1 主机标识协议

主机标识协议是 IETF 提出为主机提供安全性、移动性和多地址的机制<sup>[11]</sup>。HIP 利用各种加密算法提供安全的负载数据传输、通信主机认证和名字空间的安全性,并且在网络层与传输层之间引入主机标识层以及在域名空间和 IP 地址空间之间引入新的主机标识 (Host Identity, HI) 空间<sup>[5]</sup>。

主机标识协议能唯一地标识每台连接到 Internet 的主机。每个主机可以有多个 HI, 用不对称加密算法的公/私密钥对中的公钥来表示 HI, 通常使用固定长度的主机标识标签 (HIT)。HIT 是 HI 的 128 位长的哈希值。

HIP 支持的主机通信开始前, 首先进行 HIP 基本交换 Base BEX 过程建立安全连接<sup>[5]</sup>。基本交换要经过一个加密的四次握手过程, 如图 1 所示。发起者 I 和响应者 R 使用 Diffie-Hellman 协议进行密钥交换, 并在第三、四次握手时完成主机认证。建立安全关联以后, 双方开始双向数据传输。通过加密的四次握手过程可以抵抗拒绝服务 (Denial of Service, DoS) 攻击、中间人攻击和重放攻击<sup>[11]</sup>。

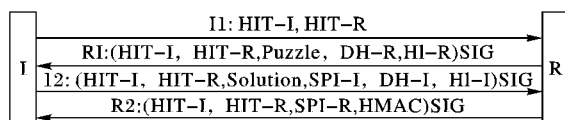


图1 HIP 基本交换 BEX

### 1.2 集成 RVS 的 HIP 交换过程

HIP 扩展协议为了支持节点移动性引入了聚合服务器 RVS 保存了所有在特定网络范围内的节点的二元映射关系 (HIT, IP 地址)。扩展后的 DNS 服务包含的信息有域名和 IP 地址的映射以及 RVS 域名和节点 HIT 的映射。终端位置的改变需向 RVS 报告。若 HIP 节点 CN 已在其 RVS 服务器中注册了 HIT 和当前 IP 地址, 当 MN 试图与 CN 建立连接, 则需向 DNS 查询 CN 对应的 RVS IP 地址和 HIT, 如图 2 所示。

MN 向 CN 的 RVS 服务器发送基本交换的 I1 报文, 源地址和目的地址分别是 MN 和 CN。当 RVS 截获到 I1 报文的目的 HIT 与自己不匹配时, 则将源地址替换为自己的 IP 地址, 并且添加 FROM 参数并转发报文给 CN。CN 解析 I1 并向 MN 发送添加 VIS\_RVS 参数的 R1 报文, 后续的消息交互报文 I2、R2 按照 HIP BEX 模式完成。

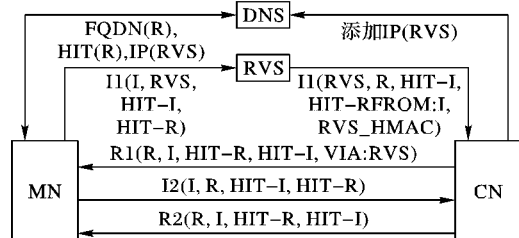


图2 引入 RVS 机制的 HIP BEX 过程

### 1.3 HIP 数据包头介绍

在 IPv6 中, HIP 负载实际上类似于 IPv6 的一个扩展头, 所有的 HIP 数据包具有固定的数据包头, 其结构如图 3 所示<sup>[12]</sup>。其内容包含了下一个头部, 负荷长度, 报文类型, 协议版本, 控制域, 校验和域以及源、目的 HIT。该消息的 HIP 参数携带相关的公共密钥、发送者的 HIT、相关的安全性和其他信息。本文新定义了 HIP 参数 Source RVS\_ID, 该参数与其他参数一样存在于每个 HIP 数据包中。

Next Header	Header Length	0	Packet Type	VER.	RES.	1
Checksum				Controls		
Sender's Host Identity Tag(HIT)						
Receiver's Host Identity Tag(HIT)						
HIP Parameters						

图3 HIP 数据包头格式

## 2 基于 HIP 的完全分布式移动管理

按照控制平面和数据平面在移动实体部署方式的不同, DMM 分为完全分布式移动管理 (Fully Distributed Mobility Management, F-DMM) 和部分分布式移动管理 (Partially Distributed Mobility Management, P-DMM)<sup>[13]</sup>。本文所研究的内容是完全分布式移动管理。

当移动节点从一个网络覆盖范围漫游到另外一个网络覆盖范围时 (例如从 D-GW1 移动到 D-GW2 时) 需要保持通信的保持性和数据完整性, 即要保证切换过程中的数据完整地传递和接入点保持与通信对端 CN 的通信不被断开。

本文将 RVS 与分布式移动接入路由 MAR 功能集成到分布式网关 D-GW, 并按 DMM 思想部署在网络边缘。其优点是利用 MAR 发送 PBU/PBA 消息的方式在切换前后的网络建立双向隧道, 传输缓存在原网络的数据, 保证数据完整性。

为了方便描述提出的基于 HIP 的完全分布式移动管理 F-DMM 方法, 采用如图 4 所示的网络架构。

MN 初次进入 D-GW1 所在网络, 接入感知接入并认证通过后, 完成对终端的注册并提供其所注册的服务; CN 完成类似的功能, 并在 D-GW2 完成注册, 其过程如图 5 所示。

1) MN 接收到 D-GW1 的路由广播消息 RS, 包含了 HNP、D-GW1 的 IP 地址和 HIT, MN 利用分配的家乡网络前缀配置 IP 地址 (使用 state-less 方式)。

2) ~ 6) MN 向 D-GW1 的聚合服务功能注册其 HIT 和当

前 IP 地址,存储 D-GW1 的 IP 地址和其 HIT 绑定状态。

7) RVS 向 DNS 更新 HIT 和 IP 绑定状态,在 D-GW1 的 BCE 添加 MN 的 HIT、HNP 和 IP 地址等。

8) MN 向通信对端 CN 发送带有 IP 地址的 UPDATE 报文,通知其位置信息。

通信对端 CN 需要和移动节点 MN 发起通信时完成 HIP 基本交换。

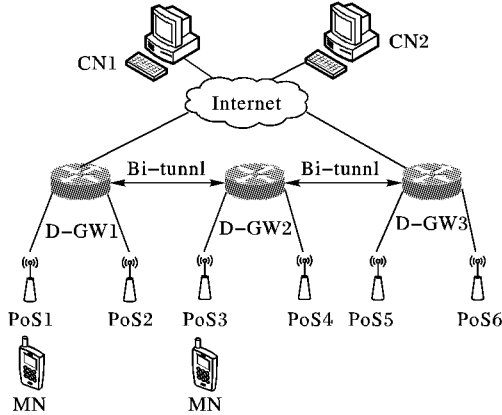


图4 基于 HIP 的 F-DMM 网络拓扑

当 D-GW 检测到 MN 的信号值低于一定门限时,判断 MN 即将离开该网络,于是建立数据缓存区,从 CN 发来的数据存入缓存区。

当 MN 接入到另外一个网络范围 D-GW2 时:

a) 新网络为其分配一个新的家乡网络前缀 HNP, MN 接收到 AR 发送的 RVS 的 HIT 和 IP 地址后,检查是否和已经保存的 RVS 的 HIT 相同,如果不同则判断移动到新的网络范围<sup>[14]</sup>。

b) ~ e) MN 向新网络的 RVS 注册其 IP 地址和 HIT 的映射关系,同时 MN 保存新网络 RVS 的 HIT 和 IP 地址。

本文重用 I1 消息并定义新的 HIP 参数 Source RVS\_ID,其作用是向新网络 RVS 提供切换前 RVS 的 HIT 和 IP 的绑定状态,其生命周期是有限的。新定义参数在 MN 初次向 RVS 注册时通过注册消息携带。RVS 解析收到的 MN 的注册消息,获取携带的参数信息。包含该 RVS 模块的 D-GW2 的其他模块可从 RVS 获得携带的 HIT 和其 IP 地址信息,也就是 D-GW1 的信息, D-GW2 的绑定缓存条目 (Binding Cache Entry, BCE) 将在一定生命周期内保存这些信息,并触发 D-GW2 向 D-GW1 发送 PBU 消息。D-GW1 接收并解析收到的 PBU 消息,根据处理结果向发起者发送 PBA 消息,若同意该注册请求,新旧 D-GW 间建立双向隧道。D-GW2 接收到来自 D-GW1 的缓存数据,并且将其转发给 MN。

f) ~ i) 由于 MN 的 IP 地址发生了改变,若终端支持路由优化,则需向 CN 发起更新报文,添加 UPDATE 参数。CN 向 MN 确认并接受收到的 UPDATE 参数,修改自身的 BCE,完成路由优化过程,进而完成切换过程。

j) ~ l) MN 要与 CN2 发起通信时首先向 DNS 查询 RVS 的 HIT 和其 IP 地址,利用分配的 HNP3 配置其 IP 地址,然后向 D-GW2 注册,完成与 CN2 的 HIP BXE,建立起 MN 与 CN2 的 IP 通信。

当 MN 从 D-GW2 移动到 D-GW3 时 D-GW2 作为锚点,做类似于 D-GW1 移动到 D-GW2 的切换,并且将切换过程中保存在 D-GW2 上的数据转发给 D-GW3, D-GW3 将数据转发给已经完成注册的 MN, MN 发起与 CN1、CN2 的位置更新,切换完成。

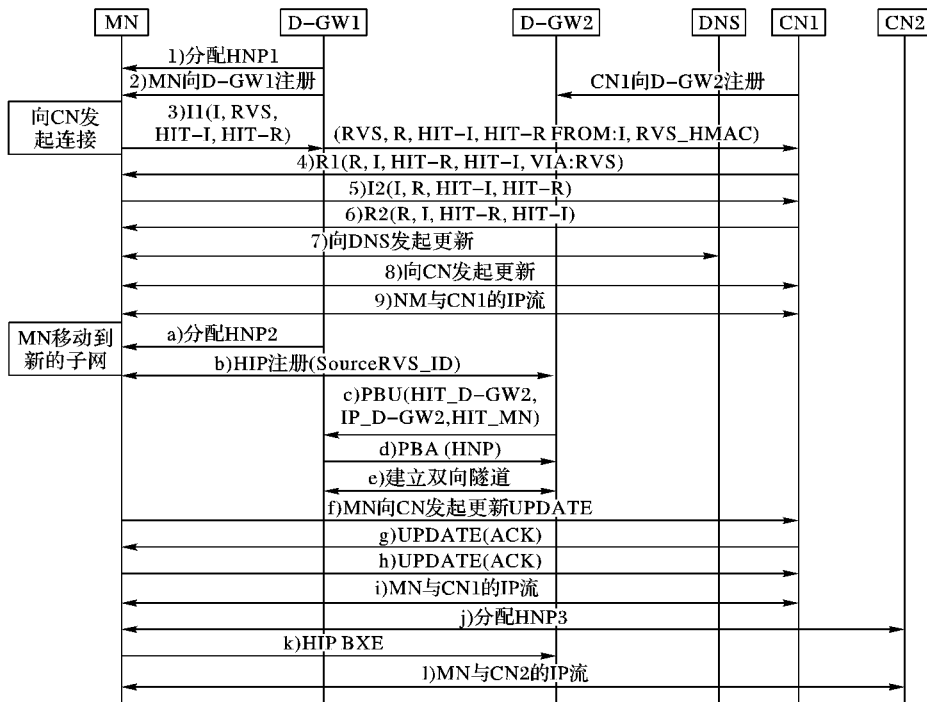


图5 基于 HIP 的完全分布式移动管理协议流程

### 3 信令开销

本章对基于 HIP 的分布式移动管理的网络构架进行信令开销分析。通过与另外的两个网络构架的对比分析,得出

本文所提出的网络构架要比对比文献中的网络信令开销小。本文中的信令开销主要包括位置管理开销、信令绑定更新开销以及报文递交开销,为了方便对网络构架的分析,定义参数如表 1。

### 3.1 位置更新信令开销

当 MN 在同一个网络范围的不同子网间移动时,由于其分配的 IP 地址相同,所以不需要对 RVS 进行位置更新。当 MN 在不同的网络范围,如 D-GW1、D-GW2 之间移动时,需要向新网络的 RVS 发起位置注册,同时需要向切换前网络的 D-GW1 发起绑定更新,为 MN 分配新的网络前缀。其位置更新的开销为  $U_l$ 。

$$U_l = \frac{3a_m + 5a_r + 5c_{ma} + 5c_{ar} + 2c_{dd}}{\rho}$$

文献[9]中的 PUSH 方式中的位置更新时需要向  $N$  个分布式网关 GW/D-RVS 以多播的方式发送位置更新,从而  $N$  个网关中都保存了 MN 的 HIT 和 IP 地址。因此信令开销为:

$$U_{push} = \frac{3a_m + 8(c_{ma} + c_{ad}) + (N+2)a_d + 2(N-1)c_{dd}}{\rho}$$

而在 PULL 方式中, MN 只向自己最近的 RVS 进行更新, RVS 以广播的方式将 II 消息发送到每一个 GW/D-RVS,只有离响应者 CN 最近的 GW/D-RVS 将 II 消息转达给 CN,并且回复 R1 消息。其他的 GW/D-RVS 丢弃这一消息。

$$U_{pull} = \frac{3a_m + 8c_{ma} + 8c_{ad} + (N+2)a_d + (N-1)c_{dd}}{\rho}$$

表1 参数定义及其说明

参数	定义
$c_{ar}$	AR 与 RVS 之间传输报文的开销
$c_{dd}$	D-GW 之间传输报文的开销
$c_{ma}$	MN 与 AR 之间的传输报文开销
$c_{ad}$	MN 与 D-GW 之间的传输报文开销
$c_{mc}$	MN 与 CN 之间传输报文的开销
$a_m$	MN 进行位置更新处理的开销
$a_d$	D-GW 进行位置更新处理的开销
$a_r$	RVS 进行位置更新处理的开销
$a_c$	CN 处理位置更新报文的开销
$v_r$	RVS 进行报文递交处理的开销
$v_d$	D-GW 进行报文递交处理开销
$\rho$	会话移动比 CMR, 呼叫到达率和节点移动速率比
$N_{cn}$	与 MN 进行通信的 CN 个数
$M$	网络中的存在的 MN 的个数
$N$	网络中具有分布式网关 D-GW 的数量
$W$	总的信令开销

### 3.2 绑定更新信令开销

MN 在移动到新网络需向网络以及 CN 发起绑定更新,建立起新旧 D-GW 之间的安全隧道以传递缓存数据和使 CN 更新 MN 的 HIT 和 IP 目的地址。绑定更新信令开销  $B_u$  为:

$$B_u = N_{cn} \times \frac{2a_m + 2a_c + 3c_{mc}}{\rho}$$

文献[9]中的绑定更新信令开销与上面的相同。

### 3.3 呼叫递交信令开销

当 CN 希望和 MN 建立通信连接时,它首先给 MN 发送 II 报文。由于 CN 不知道 MN 的实际位置,因此,位置管理者 RVS 需要定位 MN 的具体位置,并把 II 报文转发给 MN。该过程会产生额外信令开销,称为呼叫递交信令开销。

$$H_d = N_{cn}(v_r + c_{mr})$$

文献[9]的 PUSH 中的呼叫递交更新信令包括 CN 给 MN 发送消息时首先发送其网关 GW/D-RVS,查询到 MN 的位

置之后转发给 MN,因此开销为:

$$H_{push} = N_{cn}(r_d + c_{dd} + c_{ma} + c_{ad})$$

而在 HIP-DMM-PULL 中 GW/D-RVS 将呼叫信令 II 用多播的方式发至所有的 GW/D-RVS 进行查找 MN,因此呼叫信令开销为:

$$H_{pull} = N_{cn}(N * r_d + c_{dd} + c_{ma} + c_{ad})$$

### 3.4 总的信令开销

总的信令开销为  $S_{tot}$ ,则

$$S_{tot} = U + B + H$$

当有  $M$  个 MN 在网络中,则总共的信令开销为:

$$W = M \times S_{tot} = M \times (U + B + H)$$

在参考文献[9]中的分布式网关是 RVS 与边界路由器共存的 GW/D-RVS,在本文中的新的分布式网关是 RVS 与 MAR 共存的 D-GW,两种网络拓扑中的其他网元都对应相同,因此本文在信令开销中使用的参数定义在参考文献[9]信令开销的分析中也完全适用。本文采用的仿真参数来自于参考文献[14],具体为:  $c_{ma} = 1, c_{ar} = 2, c_{dd} = 3, c_{ad} = 2, c_{mm} = 5, a_m = 5, a_c = 5, a_r = a_d = 50, v_r = v_d = 25, c_{mc} = c_{mr} = c_{ma} + c_{ar}$ 。

分析移动会话比 CMR 对总的信令开销的影响,令与 MN 通信的节点数为  $N_{cn} = 2$ ,网络中的 D-GW 数量为 10,网络中的 MN 数量为 100,则总的信令开销与 CMR 的关系如图 6。由图 6 可知,当 CMR 比较小时, MN 的移动速率比较大时,总的信令开销变化较大,这是由于 MN 在单位时间内要进行多次切换,进行绑定更新和位置注册更新。随着移动会话比的增大,总的信令开销逐渐减小,当 CMR 大于 1 时,呼叫到达率相对移动速度大,因而信令开销随 CMR 增大而趋缓。本文提出的移动管理方式的总的信令开销要明显小于对比方式的信令开销, PULL 方式要低于 PUSH 方式,但是都高于本文提出的方式,这是由于文献[9]方法的位置更新信令开销随 MN 移动速度的提高而增大。

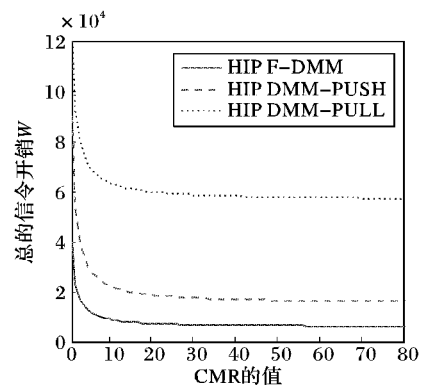


图6 CMR 与总的信令开销

分析节点数量对网络的总的信令开销的影响。令 CMR 分别为 0.1 和 1,网络中 D-GW 和 CN 数量保持不变,则  $W$  随着 MN 的数量变化关系如图 7 所示,不同的总信令开销  $W$  是在不同的 SMR 情况下得出的。第一组中 SMR 值为 0.1,仿真结果显示当 CMR = 0.1,节点移动速率相对呼叫到达率大,因而位置注册更新信令、绑定更新信令都急剧增大。文献[9]方法的信令开销比较大而且接近, PUSH 方法要比 PULL 要略低一些,而本文提出的方法要低很多。在  $M = 50$  时,本文提出的信令开销约为 PULL 方式的 45%。第二组为 CMR = 1 的

情况,总的信令开销随着 MN 的数量增大而逐渐增大,增大的速率趋于平缓,这是由于呼叫到达率与 MN 移动的速率比值相同。仿真结果显示本文方法要比文献[9]方法所需信令开销要低得多。

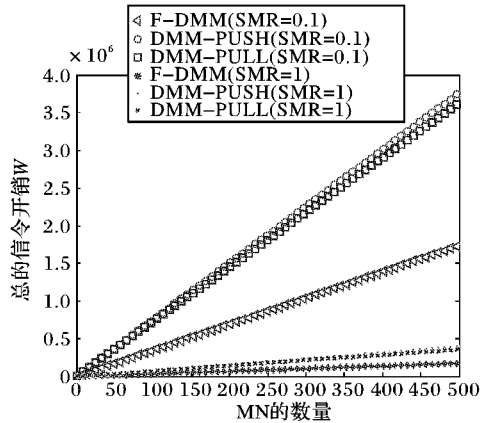


图7 总的信令开销  $W$  与 MN 的数量关系

分析网络中分布式网关 D-GW 数量变化与总的信令开销关系,令与 MN 通信的节点数为  $N_{em} = 2$ , 网络中的 MN 数量为 100, 如图 8 所示。CMR 的值分别为 0.1 和 1, 当 CMR = 0.1, 总的信令开销随着 D-GW 的数量急剧增加, 这是由于网关数量增加会使 RVS 处理位置更新时间与递交信令时间增加, 但总的信令开销也比文献[9]的方法低, 本文方法只在本地网络的 RVS 注册向前一个 D-GW 发起更新, 而文献[9]所提方法除了要向本地网络注册以外, 还要向其他网络中 D-GW 发起注册, 增大了 RVS 处理信令开销以及传输信令开销。当 CMR = 1 时, MN 的呼叫到达率与移动速率相同, 总的信令开销仍在增长。在图 8 中的两条水平线为本文提出的方法信令开销与 D-GW 数量关系图, 从中可以看出都低于同组中的另外两条对比斜线。

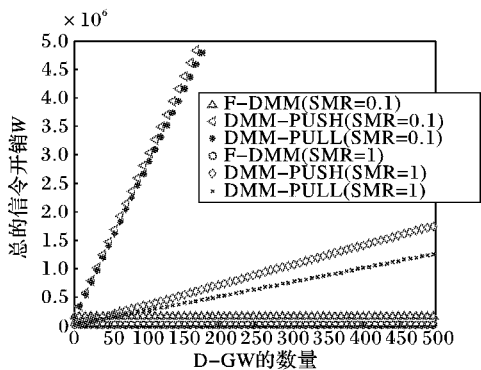


图8 总的信令开销  $W$  与 D-GW 数量关系

#### 4 结语

随着网络架构向着“扁平化”发展,移动管理的设备将会逐渐部署到离用户更近的地方。传统的“集中式”部署方式具有潜在的单点故障等问题。为了解决这种问题,本文提出了一种基于 HIP 的完全分布式移动管理的解决方案。将应用与宏观移动性管理的 HIP 协议中的聚合服务器 RVS 与分布式移动管理的 MAR 结合起来按照分布式移动管理的原则部署在一起。通过对网络中总的信令开销的理论分析和仿真,结果表明本文提出的方法比文献[9]中的信令开销要低 35% ~ 60%, 具有良好的网络性能。HIP 协议本身具有良好

的安全性,因此,将 HIP 协议应用到分布式移动管理中可以有力保障网络的安全性。

#### 参考文献:

- [1] JOHNSON D, PERKINS C, ARKKO J. Mobility support in IPv6 [S/OL]. [2013-06-03]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3775.txt>.
- [2] GUNDAVELLI S, LEUNG K, DEVARAPALLI V, *et al.* Proxy mobile IPv6 [S/OL]. [2013-05-03]. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5213.txt>.
- [3] BERNARDOS C J, De La OLIVA A, GIUST F, *et al.* A PMIPv6-based solution for distributed mobility management [S/OL]. [2013-05-05]. <http://eprints.networks.imdea.org/330/1/draft-bernardos-mext-dmm-pmip-01.pdf>
- [4] JIANG H. Problem statement for distributed mobility management [S/OL]. [2013-05-11]. <http://tools.ietf.org/html/draft-jiang-dmm-ps-00>
- [5] MSKOWITZ R, NIKANDER P, JOKELA P, *et al.* Host identity protocol [S/OL]. [2013-03-02]. <http://www.hjp.at/doc/rfc/rfc5201.html>
- [6] LAGANIER J, EGGERT L. RFC 5204, Host identity protocol (HIP) rendezvous extension [S/OL]. [2013-05-20]. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5204.txt>.
- [7] NIKANDER P, LAGANIER J. RFC 5205, Host Identity Protocol (HIP) Domain Name System (DNS) extensions [S/OL]. [2013-05-20]. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5205.txt>.
- [8] GIUST F, De La OLIVA A, BERNARDOS C J, *et al.* A network-based localized mobility solution for distributed mobility management [C]// Proceedings of the 2011 14th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications. Piscataway: IEEE, 2011: 1-5.
- [9] CHOI S I, KOH S J. Enhanced mobility management schemes in HIP-based mobile networks [C]// Proceedings of the 2013 15th International Conference on Advanced Communication Technology. Piscataway: IEEE, 2013: 306-311.
- [10] HU B, YUAN T, HU Z, *et al.* L-HIP: A localized mobility management extension for host identity protocol [C]// Proceedings of the 2010 6th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing. Piscataway: IEEE, 2010: 1-4.
- [11] YANG S. Host identity protocol mobility management research [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2009. (杨水根. 主机标识协议的移动性管理研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2009.)
- [12] ZAN F, XU M, WU J. Survey of Host Identity Protocol (HIP) [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2007, 28(2): 224-228. (管风彪, 徐明伟, 吴建平. 主机标识协议 (HIP) 研究综述 [J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(2): 224-228.)
- [13] SEITE P, CHAN H A, PENTIKOUSIS K, *et al.* Framework for mobility management protocol analysis [S/OL]. [2013-06-12]. <http://tools.ietf.org/html/draft-chan-dmm-framework-gap-analysis-06>
- [14] YANG S, ZHOU H, ZHANG H, *et al.* Mobility support in HIP based on dynamic hierarchical location management [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2008, 30(7): 1615-1618. (杨水根, 周华春, 张宏科, 等. 基于动态层次位置理的 HIP 移动性支持机制 [J]. 电子与信息学报, 2008, 30(7): 1615-1618.)