

代理移动 IPv6 中的分布式 NEMO 网络实现方案

陈 源 张奇支 饶 亮 赵淦森

(华南师范大学计算机学院 广州 510631)

摘 要 在代理移动 IPv6 (PMIPv6) 中实现网络移动性 (NEMO) 能为用户提供在 NEMO 网络和普通 PMIPv6 网络之间的无缝切换, 但通信数据经过本地移动锚点的锚定却产生了大量的网络开销。为提高公交车等交通工具上的 NEMO 网络服务质量, 提出代理移动 IPv6 中的分布式 NEMO 网络实现方案, 即分散部署本地移动锚点的数据层功能, 由中央移动数据库对控制层功能进行集中管理。分析结果表明, 在短途公交车系统中, 该方案网络费用更少, 性能更优。

关键词 网络移动性, 代理移动 IPv6, 分布式管理

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.2.016

Distributed Network Mobility Management over Proxy Mobile IPv6 Network

CHEN Yuan ZHANG Qi-zhi RAO Liang ZHAO Gan-sen

(School of Computer, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract Applying network mobility (NEMO) over proxy mobile IPv6 (PMIPv6) provides a seamless handover between the NEMO network and the PMIPv6 network. However, all packets addressed to mobile nodes are delivered via the local mobility anchor (LMA), leading to large packet delivery overhead. A scenario of distributed NEMO management over PMIPv6 network was proposed to improve the NEMO network quality of service in the vehicles like buses. The data plane of LMA is distributed and the control plane is managed by the central mobility database. By numerical analysis, in short-bus-riding scenarios, the proposed scheme has an advantage in network performance with less network cost.

Keywords Network mobility, Proxy mobile IPv6, Distributed management

1 引言

近年来,随着移动通信、网络技术和智能终端技术的发展,移动互联网的市场规模呈现高速增长。2014 年 1 月,中国互联网络信息中心 (CNNIC) 发布第 33 次《中国互联网络发展状况统计报告》^[1]。报告指出,截至 2013 年 12 月,我国手机网民规模达 5 亿,其中使用手机上网的人群占比提升至 81.0%。3G 的普及和无线网络的发展为移动互联网的发展提供了强有力的基础,各类手机应用的出现,尤其是即时通讯、搜索、地图、支付等应用,极大地满足了移动互联网用户多元化的需求。

为在满足用户需求的同时提高移动互联网的用户体验,移动互联网要求移动节点 (Mobile Node, MN) 在移动状态下仍保持网络的连通性。为此, IETF 将已有的 IPv6 协议增强, 发布了移动 IPv6 协议^[2] (Mobile IPv6, MIPv6)。MIPv6 是基于主机的移动性管理方案, 需要 MN 参与移动性信令交互, 这对 MN 的续航能力提出了更高的要求, 特别是对于搭载了

大尺寸屏幕和高速处理器的智能手机, 电池容量成为了制约其发展的一个瓶颈。

为了减轻 MN 的负担, IETF 在 2005 年提出了一个新的移动 IP 协议——代理移动 IPv6 协议^[3] (Proxy Mobile IPv6, PMIPv6)。PMIPv6 与 MIPv6 不同, 它通过引入新的功能实体——本地移动锚点 (Local Mobility Anchor, LMA) 和移动接入网关 (Mobility Access Gateway, MAG) 代替 MN 进行移动性管理, 减轻 MN 在移动时与网络节点的信令交互, 以降低功耗, 减少 MN 的负担。

无论是 MIPv6 还是 PMIPv6, 其共同点是提供单个移动节点的移动性管理方案。然而, 移动互联网技术的发展提出了在交通工具内部署中小型无线网络的需求。尼尔森研究的一项调查显示, 中国移动互联网中, 七成用户每天至少上一次移动互联网。其中, 在交通工具上移动上网的用户高达七成。在使用时间上, 21% 的用户每次移动上网时长超过 1 小时, 42% 的用户每次移动上网时长超过 30 分钟。另据媒体报道显示, 广州当前公交日均客流量已超千万人次。因此, 为乘客

到稿日期: 2014-03-05 返修日期: 2014-06-03 本文受国家自然科学基金 (61102065), 教育部-中国移动科研基金 (MCM20121051), 广州珠江科技新星项目 (2011J2200089), 广州市科研条件建设项目 (2012224-12), 华南师范大学校学生课外科研课题 (13JJGB01) 资助。

陈 源 (1989-), 男, 硕士生, 主要研究方向为移动 IP 技术, E-mail: 663636139@qq.com; 张奇支 (1976-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为下一代移动网络技术、移动 IP, E-mail: zhangqizhi55@qq.com (通信作者); 饶 亮 (1988-), 女, 硕士生, 主要研究方向为移动 IP 技术; 赵淦森 (1977-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为云计算基础设施平台和云计算安全。

提供优质的公共交通无线网络服务愈加重要。用户希望在公交车上能够稳定且可靠地使用移动互联网,这要求移动互联网不仅要支持单个节点的移动性,同时也能支持中小型网络的整体移动性,也就是网络移动性(Network Mobility, NEMO)。如图1所示,NEMO要求能够提供一种高效的方式,使得移动网络内部的MN通过接入移动路由器(Mobile Router, MR)而连接到外部网络。

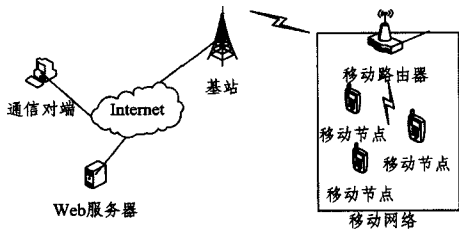


图1 NEMO拓扑结构

针对中小型网络移动性问题,IETF于2005年对MIPv6进行扩展,提出移动网络基础支持协议^[4](Network Mobility Basic Support Protocol, NEMO-NSB)。NEMO-NSB协议提供移动网络内部MN的网络连通性和移动性的解决方案。其中,MR负责移动网络的移动性管理,并为移动网络中的MN接收和转发通信数据。该协议在MIPv6的基础上进行扩展,MN在移动网络中可以保证连通性和移动性。但是,MN与外界的通信数据必须由MR的家乡代理(Home Agent, HA)锚定,并通过MR与HA间的隧道投递到MN,故而产生大量的数据投递开销。另外,MN在移动网络内部使用的IP地址只在该移动网络有效,MN无法实现与外部网络的无缝切换,若MN进入或离开移动网络,都需要重新进行位置更新并获得新的IP地址前缀。

为此,相关学者建议将NEMO部署到PMIPv6中,以减少网络开销,并保证MN的IP地址前缀的独占性。其中,Soto等提出的一种基于PMIPv6的NEMO实现方案——N-PMIPv6^[5],以移动MAG代替NEMO-NSB中的移动路由器来进行移动性管理。但该方案中发送给移动节点的数据包必须经过双重隧道,这不仅加重了LMA的负担,也增加了网络的费用。而Pack提出的rNEMO方案^[6]则利用隧道分离的思想,通过引入中继站来解决双重隧道的问题,但是一旦发生切换,MAG就需要单独对每个移动节点都进行位置更新,增加了网络费用。为此,Jeon等提出了一种基于代理路由器的NEMO实现方案^[7](Proxy Router-based NEMO, PR-NEMO),通过为每个移动网络分配组标识符(Group Identity, GID)提供NEMO在PMIPv6中的高效移动性管理,并通过与N-PMIPv6方案和rNEMO方案的对比分析得出,PR-NEMO方案不仅减少了位置更新的网络开销,也减少了数据投递的开销。但是,如图2所示,MN在通信过程中产生的数据包必须由LMA锚定,因此LMA成为网络瓶颈,极有可能产生单点故障,而且投递数据包的网络开销也会增加。

IETF于2013年成立了分布式移动管理(Distributed Mobility Management, DMM)工作小组,主要对分布式移动管理进行相关研究。其中,Bernardos等人提出了PMIPv6的分布式实现方案^[8],如图3所示。通过将LMA的数据层面功能与MAG的功能结合在一起,由新的功能实体——移动锚点和接入路由器(Mobility Anchor and Access Router, MAAR)管理,而LMA的控制层面功能则由中央移动数据库

(Central Mobility Database, CMD)管理。本文在Jeon等人提出的PR-NEMO方案的基础上,结合Bernardos等人的DMM实现思想,提出PMIPv6中的分布式NEMO实现方案(Distributed NEMO, DNEMO),目的在于减少网络开销,提高公共交通系统上的移动互联网服务质量。

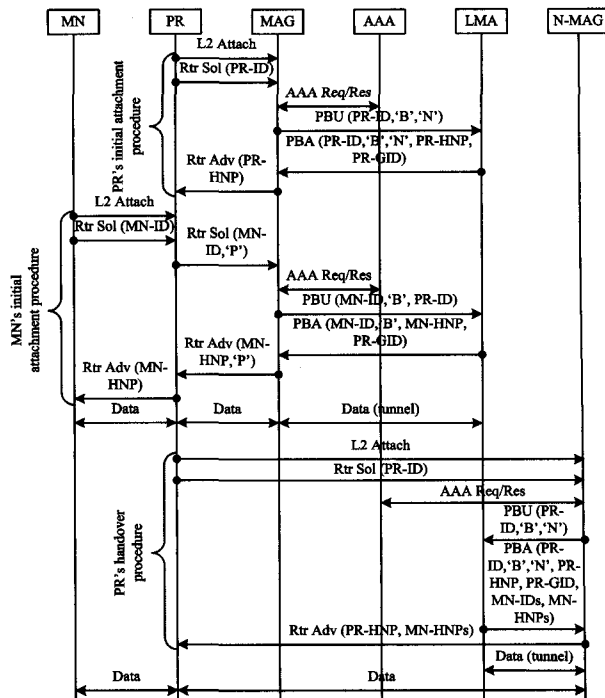


图2 PR-NEMO信令流程示意图

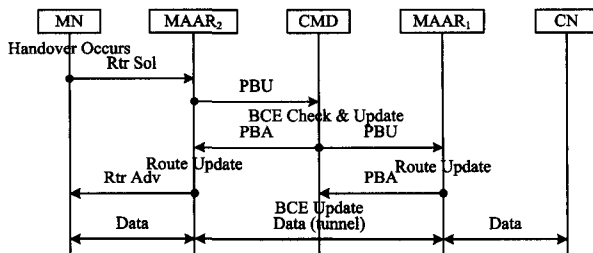


图3 分布式PMIPv6信令流程示意图

本文第2节对提出的DNEMO方案进行详细的描述;第3节对DNEMO方案进行性能分析;第4节给出数值分析及图表分析;最后为本文小结。

2 PMIPv6中的分布式NEMO实现方案

本节主要对DNEMO方案进行描述,分别介绍DNEMO方案的附着流程和切换流程。

2.1 DNEMO的附着流程

图4描述了在DNEMO中MR和MN的附着流程。

当一个MR首次在二层接入MAAR时:

- 1)MR向MAAR发送一个包含了MR标识符(MR Identity, MR-ID)的路由器请求(Router Solicitation, RS)消息。
- 2)MAAR通过RS获得MR-ID后,与AAA服务器进行一系列的交互以建立安全联盟,并获取MR的相关信息,得知MR是一个移动路由器。

MAAR为MR分配一个家乡网络前缀(MR Home Network Prefix, MR-HNP),并生成一个临时绑定缓存条目(Binding Cache Entry, BCE),保存MR的相关信息,主要包括MR-ID, MR-HNP, GID以及主MAAR(Primary MAAR, P-

MAAR)和当前服务的 MAAR(Serving MAAR, S-MAAR)。其中 P-MAAR 表示节点初始化时的 MAAR,而 S-MAAR 则表示当前节点所在的 MAAR,这两个属性表示了通信隧道的两个端口。

3) MAAR 向 CMD 发送一个包含 MR-HNP 的绑定更新消息(Proxy Binding Update, PBU),并将 B 标志位^[7]和 N 标志位^[7]位置为 1。其中, B 标志位置 1 表示请求分配 GID;而 N 标志位置 1 则表示注册的节点是一个移动路由器。

4) CMD 为 MR 分配一个组标识符 MR-GID,为 MR 建立 BCE 以保存 MR 的位置信息,并将 MR-GID 通过绑定确认消息(Proxy Binding Acknowledge, PBA)告知 MAAR。

MAAR 将 PBA 消息中的 MR-GID 填入 MR 的临时 BCE 中,并将其存储起来。

5) MAAR 将 MR-HNP 通过路由通告消息(Router Advertisement, RA)通告给 MR。

然被 MN 独占,也就是 MAAR 只需更新 MN 的位置信息,而无需重新为其分配新的 HNP,使得 MN 的上层应用感觉不到网络层的切换,以实现无缝切换。

2.2 DNEMO 的切换流程

若 MR 在 MAAR₁ 下初始化,MR 从 MAAR₁ 切换到 MAAR₂ 的流程如图 5 所示。

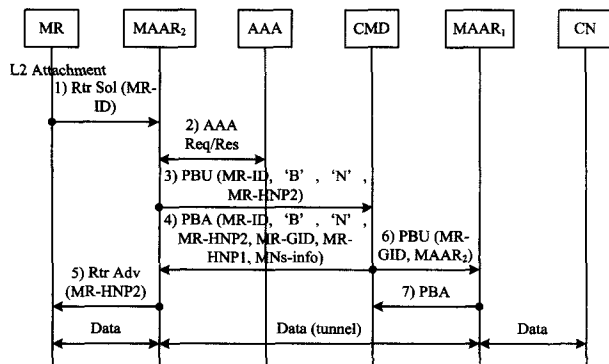


图 5 DNEMO 切换流程示意图

1) MR 在二层接入 MAAR₂, 则向 MAAR₂ 发送一个 RS 消息。

2) MAAR₂ 收到 RS 消息后与 AAA 服务器建立安全联盟,得知接入节点是移动路由器。

此时 MAAR₂ 对 MR 的切换并不知情,所以 MAAR₂ 为 MR 执行一个附着流程,为 MR 分配一个新的前缀 MR-HNP2,并生成一个临时 BCE。

3) MAAR₂ 向 CMD 发送一个 PBU,将 B 标志位和 N 标志位置为 1。

CMD 发现 BCE 中 MR-ID 已经对应分配了 MR-GID,则将 MR-HNP2 加入 BCE 中,并更新 BCE 中所有组标识符为 MR-GID 的条目,将当前位置信息 S-MAAR 更新为 MAAR₂,并获得这些条目对应的 P-MAAR,此时只有 MAAR₁。

图 6 描述了 CMD 中 BCE 的一个例子,其中, MN1 和 MN2 是在 MAAR₁ 初始化的,而 MN3 则是在 MAAR₂ 初始化的。MR 从 MAAR₁ 切换到 MAAR₂,则 MR 获得两个前缀,即 HNP1 和 HNP2,对应不同的 P-MAAR,而当前位置都为 MAAR₂。

ID	HNP	MR	GID	P-MAAR	S-MAAR
MR-ID	MR-HNP	YES	MR-GID	MAAR ₁	MAAR ₂
MN ₁ -ID	MN ₁ HNP	NO	MR-GID	MAAR ₁	MAAR ₂
MN ₂ -ID	MN ₂ HNP	NO	MR-GID	MAAR ₁	MAAR ₂
MR-ID	MR-HNP	YES	MR-GID	MAAR ₂	MAAR ₂
MN ₃ -ID	MN ₃ HNP	NO	MR-GID	MAAR ₂	MAAR ₂

MR-HNP_i: 表示 MAAR_i 为 MR 分配的 HNP
MN-HNP_i: 表示 MAAR_i 为 MN 分配的 HNP

图 6 BCE 示意图

4) CMD 向 MAAR₂ 发送一个 PBA 消息,其中不仅包含 MR-GID,而且将 BCE 中组标识符为 MR-GID 的条目也通过 PBA 消息发送给 MAAR₂,包括 MR-HNP1 和在 MR 中的所有 MNs 的相关信息。

MAAR₂ 将 PBA 消息中的信息更新到 BCE 中,并将其存储起来,此时 MAAR₂ 已拥有整个移动网络的所有必需信息。

5) MAAR₂ 将 MR-HNP2 通过 RA 消息发送给 MR。

6) CMD 同时向 MAAR₁ 发送 PBU 消息,其中包括 MR-

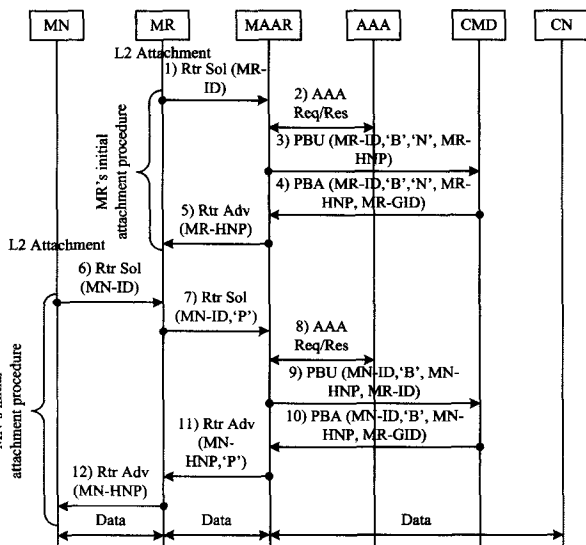


图 4 DNEMO 附着流程示意图

通过以上流程,MR 就获得一个网络前缀,并通过有状态或无状态地址配置方式配置 IPv6 地址。

当 MN 接入到 MR 时,MR 通过 RS 消息获得 MN-ID,并通过一个 P 标志位^[7]置 1 的 RS 消息发送给 MAAR,其中, P 标志位表示该 RS 消息中携带的节点正处于移动路由器中。

MAAR 同样为 MN 分配一个前缀 MN-HNP,并为其生成临时 BCE,通过 PBU 消息向 CMD 注册。该 PBU 包含了 MN-ID, MN-HNP, MR-ID, 并将 B 标志位置为 1。

CMD 通过 PBU 消息中的 MR-ID 查找 BCE,获得 MR-GID,并将其分配给 MN,通过 PBA 消息发送给 MAAR。

MAAR 将 MR-GID 保存在 MN 的 BCE 中,并以 RA 消息(P 标志位置为 1)将 MN-HNP 通告给 MR,MR 则发送普通 RA 消息通告 MN-HNP。

由于 MN-HNP 是由 MAAR 分配的,因此在 MN 完成 IP 地址配置之后,与通信对端(Correspondent Node, CN)的通信数据会经由 MR 转发给 MAAR,MAAR 则直接将数据包路由到 CN。而 CN 发送给 MN 的数据也会被锚定到 MAAR,通过 MR 发送给 MN。

另一方面,如果用户下车离开 NEMO 环境,即 MN 从 MR 切换到外部 PMIPv6 网络中的 MAAR 下, MN-HNP 依

GID以及 MAAR₂ 的相关信息,以在 MAAR₁ 和 MAAR₂ 间建立通信隧道。

MAAR₁ 接收到 PBU 消息后,对 BCE 中组标识符为 MR-GID 的相关条目进行更新,将其 S-MAAR 更新为 MAAR₂,与 MAAR₂ 之间建立通信隧道,并向 CMD 回复 PBA 消息。

至此,MR 完成了 MAAR 间的切换流程,跟随 MR 从 MAAR₁ 切换至 MAAR₂ 的 MNs,将通过 MAAR₁ 与 MAAR₂ 之间的隧道与通信对端进行通信。所有发往这些 MNs 的数据包也会被锚定到 MAAR₁ 后通过隧道转发到 MAAR₂。

3 性能分析

本节主要对 DNEMO 和 PR-NEMO 方案进行分析,计算移动路由器切换过程中的网络费用。

在 DNEMO 方案中,移动路由器 MR 在 MAAR 之间进行切换,在 PR-NEMO 方案中,代理路由器(Proxy Router, PR)在 MAG 之间进行切换。本文将各个 MAAR(MAG)编号为 MAAR₀(MAG₀)、MAAR₁(MAG₁)、MAAR₂(MAG₂)、… ,主要针对在 MAAR₀(MAG₀)中接入 MR/PR 的 MNs,分析 MR(PR)从 MAAR₀(MAG₀)开始经过 n 次切换到达 MAAR _{n} (MAG _{n})过程中的网络费用,对两个方案的费用进行分析对比。

本文分析过程中费用的计算定义为消息的大小乘以路由跳数。总费用 G_T^* (Total Cost)分为两部分,分别是位置更新费用 C_{LU}^* (Location Update Cost)和数据包投递费用 C_{PD}^* (Packet Delivery Cost)。其中, * 表示不同的方案。各参数定义详见表 1。

表 1 参数定义及取值

参数	意义	取值
α	有线链路单位传输费用	1
β	无线链路单位传输费用	1.5
ω	IPv6 隧道开销	40
p	乘客在每个站下车的概率	0.05
$E(s)$	每个会话的数据包平均个数	10
H _{CN-MAAR} (H _{CN-LMA})	CN 与 MAAR 或 CN 与 LMA 之间的路由跳数	6
H _{CMD-MAAR} (H _{LMA-MAG})	CMD 与 MAAR 或 LMA 与 MAG 之间的路由跳数	4
H _{MAAR-MAAR}	MAAR 与 MAAR 之间的路由跳数	1
H _{MAAR-MR} (H _{MAG-PR})	MAAR 与 MR 或 MAG 与 PR 之间的路由跳数	1
H _{MR-MN} (H _{PR-MN})	MR 与 MN 或 PR 与 MN 之间的路由跳数	1
L _{RS}	RS 消息的大小	52
L _{RA}	RA 消息的大小	80
L _{PBU/LPBA}	PBU/PBA 消息的大小	76
L _E	PBU/PBA 消息扩展头部的大小	36
C _{AAA}	MAAR(MAG)与 AAA 服务器建立安全联盟的费用	200

3.1 初始条件

(1)假设在各个车站上车的乘客数量,也就是在 MAAR _{i} (MAG _{i})接入 MR(PR)的 MNs 数量为 X_i ($i=0,1,2,\dots$),且 X_i 之间独立同分布,记 $EX_i=EX$ 。

(2)假设车上的乘客在每个站下车的概率都为 p 。令在 MAAR₀(MAG₀)下新接入 MR(PR)的 MNs 经过 i 次切换后到 MAAR _{i} (MAG _{i})时剩余的 MNs 个数为 N_i ($i=1,2,3,\dots$),

则 $N_i=EX(1-p)^i$ 。

(3)假设每个 MN 的会话到达是参数为 λ_i 的泊松过程^[9],则 N_i 个 MN 的会话到达率为 $N_i\lambda_i$,且设每个会话的数据包平均个数为 $E(s)$ 。

(4)假设 MAAR(MAG)的覆盖范围是六边形蜂窝结构,根据文献[9]可得到 MR(PR)的小区穿越率为 $\mu_c = \frac{4\sqrt{3}v}{3\pi R}$,其中 v 为 MR(PR)的平均移动速度, R 为 MAAR(MAG)的覆盖范围的半径。

3.2 PR-NEMO 方案费用计算

在 PR-NEMO 方案中,当 PR 发生切换时,MAG 通过 PBU/PBA 消息代替 PR 向 LMA 注册进行位置更新,与 LMA 建立通信隧道。

3.2.1 位置更新费用计算

PR 从 MAG₀ 经过 n 次切换到 MAG _{n} 的过程中,位置更新的总费用为:

$$C_{LU}^{PR-NEMO} = \sum_{i=1}^n (\beta H_{MAG-PR} (L_{RS} + L_{RA}) + C_{AAA} + \alpha H_{LMA-MAG} (L_{PBU} + L_{PBA(N_i)})) \quad (1)$$

其中, C_{AAA} 表示 MAAR(MAG)与 AAA 服务器建立安全联盟的费用; $L_{PBA(N_i)}$ 表示 LMA 需要将 N_i 个 MNs 的相关信息通过 PBA 消息告知 MAG, $L_{PBA(N_i)} = L_{PBA} + N_i L_E$,其中 L_E 表示 PBU/PBA 消息中的扩展头部大小。

3.2.2 数据包投递费用计算

从 CN 发往 MN 的数据包首先被锚定到 LMA,再通过隧道转发到 MAG,再转发至 PR,发送给 MN。则 PR 从 MAG₀ 切换到 MAG _{n} 的过程中,数据包投递的总费用为:

$$C_{PD}^{PR-NEMO} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i \lambda_i E(s)}{\mu_c} \times (\alpha H_{CN-LMA} + \omega \alpha H_{LMA-MAG} + \beta (H_{MAG-PR} + H_{PR-MN})) \right) \quad (2)$$

3.2.3 总费用计算

PR 从 MAG₀ 切换到 MAG _{n} 过程的总费用为:

$$C_T^{PR-NEMO} = C_{LU}^{PR-NEMO} + C_{PD}^{PR-NEMO} \quad (3)$$

3.3 DNEMO 方案费用计算

在 DNEMO 方案中,当 MR 发生切换时,新接入的 MAAR 通过 PBU 消息向 CMD 进行注册,针对在 MAAR₀ 初始化的 MNs,CMD 行使代理功能,为当前的 MAAR 与 MAAR₀ 建立通信隧道。

3.3.1 位置更新费用计算

MR 从 MAAR₀ 经过 n 次切换到 MAAR _{n} 的过程中,位置更新的总费用为:

$$C_{LU}^{DNEMO} = \sum_{i=1}^n (\beta H_{MAAR-MR} (L_{RS} + L_{RA}) + C_{AAA} + \alpha H_{CMD-MAAR} (2L_{PBU} + L_{PBA} + L_{PBA(N_i)})) \quad (4)$$

3.3.2 数据包投递费用计算

针对在 MAAR₀ 中初始化的 MNs,CN 发往 MN 的数据包被锚定到 MAAR₀ 后,通过 MAAR₀ 与当前 MAAR 之间的通信隧道发送到当前 MAAR,再经由 MR 转发到 MN。

$$C_{PD}^{DNEMO} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i \lambda_i E(s)}{\mu_c} \times (\alpha H_{CN-MAAR} + i \times \omega \alpha H_{MAAR-MAAR} + \beta (H_{MAAR-MR} + H_{MR-MN})) \right) \quad (5)$$

3.3.3 总费用计算

PR 从 MAG₀ 切换到 MAG _{n} 过程的总费用为:

$$C_T^{DNEMO} = C_{LU}^{DNEMO} + C_{PD}^{DNEMO} \quad (6)$$

4 数值分析

4.1 取值计算

参考文献[7,10]中所选取的参数值,本文参数取值如表1所列。

4.2 图表分析

将表1中的参数取值代入式(3)和式(6),得到下列各图。

从图7可以看出,当切换次数小于8时,DNEMO方案的网络总费用总是小于PR-NEMO方案的费用。也就是说,对于在 $MAAR_0$ (MAG_0)上车的乘客,当公车行驶到 $MAAR_8$ (MAG_8)时,因为这些乘客而产生的网络费用在DNEMO方案中是偏高的。但是,对于短途公交车而言,大部分乘客乘坐公交车的站数不会超过8个,DNEMO方案是相对有优势的。

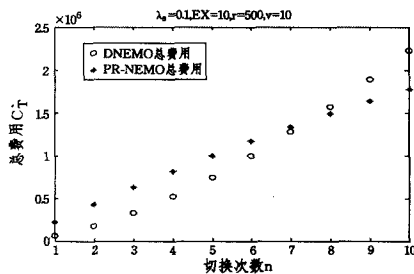


图7 切换次数对网络费用的影响

图8展示了会话到达率对两个方案网络费用的影响。随着会话到达率的升高,也就是乘客数据流量提升,PR-NEMO方案的费用与DNEMO方案的费用之比呈上升趋势。目前,公交车乘客使用移动终端访问互联网的频率也越来越高,产生的数据流量也相应变大,与PR-NEMO方案相比,会话到达率对DNEMO方案的网络费用影响更小。

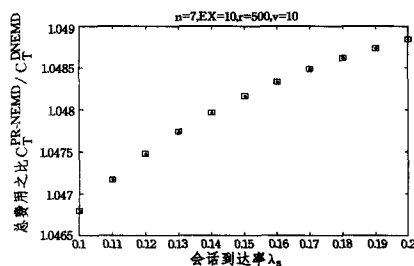


图8 会话到达率对网络费用的影响

同样地,图9和图10则是展示了乘客的数量和小区覆盖范围对网络费用的影响。从中可以看出,DNEMO方案不仅在高数据流量的环境中更有优势,在乘客数量增加和小区覆盖范围变大的情况下也更优。然而,从图11可以看出,随着公车平均速度的提升,PR-NEMO方案会占优。

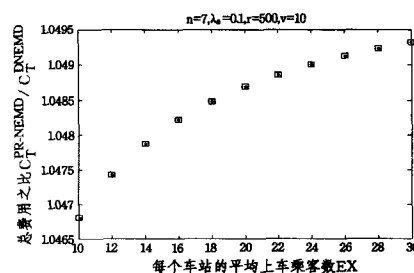


图9 乘客数对网络费用的影响

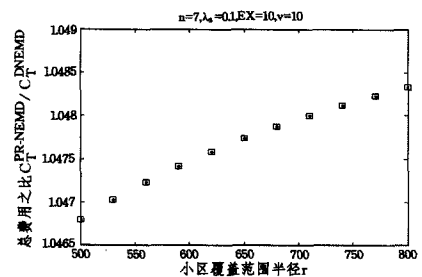


图10 小区覆盖范围对网络费用的影响

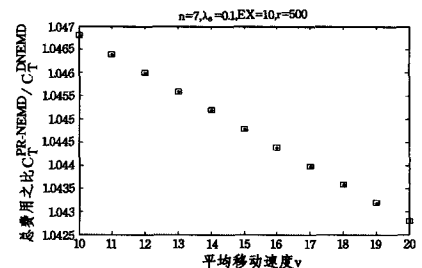


图11 公车平均速度对网络费用的影响

结束语 本文在PR-NEMO方案的基础上提出PMIPv6中的分布式NEMO实现方案,将其LMA的数据层面功能与MAG的功能结合在一起,由新的功能实体MAAR管理,LMA的控制层面功能则由CMD管理,目的在于减少网络开销,提高公交系统上的移动互联网服务质量。通过数据图表分析,客观地展示了DNEMO方案的优点及其存在的问题。本方案对于短途情况较为理想,但不太适于长途情况。

参考文献

- [1] 中国互联网络信息中心. 第33次《中国互联网络发展状况统计报告》[R/OL]. 2014-1 [2014-3]. <http://www.cnnic.net.cn>
- [2] Johnson D, Perkins C, Arkko J. IETF RFC 3775 Mobility Support in IPv6[S]. 2003
- [3] Gundavelli S, Leung K, Devarapalli V, et al. IETF RFC 5213 Proxy Mobility IPv6[S]. 2003
- [4] Devarapalli V, Wakikawa R, Petrescu A, et al. IETF RFC 3963 Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol[S]. 2005
- [5] Soto I, Bernardos C J, Banchs C M, et al. NEMO-enabled localized mobility support for internet access in automotive scenarios [J]. IEEE Communications Magazine, 2009, 47(5): 152-159
- [6] Pack S. Relay-based network mobility support in proxy mobile IPv6 networks[C]//IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2008. Las Vegas, NV; IEEE, 2008: 227-228
- [7] Jeon S, Kim Y. Cost-efficient Network Mobility Scheme over Proxy Mobile IPv6 Network[J]. IET Communications, 2011, 5(18): 2656-2661
- [8] Bernardos C J, Oliva A, Giust F. Internet Draft draft-bernardos-dmm-pmip-03 A PMIPv6-based Solution for Distributed Mobility Management[S]. 2013
- [9] Ali-Ahmad H, Ouzif M, Bertin P, et al. Distributed Mobility Management: Approaches and Analysis[C]//2013 IEEE International Conference on Communications. Budapest, 2013: 1297-1302
- [10] Lee J, Ernst T, Chung T. Cost Analysis of IP Mobility Management Protocols for Consumer Mobile Devices[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(2): 1010-1017