

文章编号:1671-6833(2016)06-0087-05

一种新的基于 HMIPv6 的车载网络移动协议仿真研究

刘书如, 张启坤, 甘 勇

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 车载网络信息技术的高速发展对移动过程中信息交换提出新的挑战, 针对域内及域间频繁切换所产生的绑定更新信令开销大、数据包发送时间延长的问题, 提出了一种新的车载网络移动协议, 该协议通过改进的 HMIPv6 指针传递算法 (EPF-HMIPv6), 对切换过程中的数据发送路由进行优化. 仿真实验结果表明, 该算法在绑定更新开销、数据包发送开销等方面均优于现有的车载网络移动管理算法.

关键词: 车载网络; 指针传递; 移动管理; 分层次移动 IPv6

中图分类号: TP393.1 **文献标志码:** A **doi:**10.13705/j.issn.1671-6833.2016.03.032

0 引言

车载网络的迅速发展对移动管理算法提出了一个新的挑战. 车辆频繁地从一个基站移动到另一个基站, 从一个系统切换到另一个系统, 这种频繁的切换会影响到数据包的丢失率和会话的连续性, 因此, 车载网络中如何降低移动切换过程中注册消息的开销、降低因切换所带来的时延一直是研究的热点.

针对该问题, IETF 工作组提出了 MIPv6 协议, MIPv6 把移动管理协议分为局部移动和全局移动. 但是 MIPv6 没有对局部范围内的移动, 也就是域内移动提出更好的解决方法, 而是把域内移动和域间移动用相同的处理方法.

为了解决局部移动的问题, IETF 提出了分层次 HMIPv6^[1] 协议. HMIPv6 建议选择最远的 MAP, 这样可以降低重新注册的开销, 这种算法适合高速移动的车载网络. 但是对于低速的移动车载网络, 该算法是低效的. 还有一个问题就是该算法对于时延要求比较高的车载网络来说不太适合, 并且该算法可能会造成所有移动车载注册到同一个 MAP, 结果该 MAP 就可能成为网络瓶颈.

针对 HMIPv6 存在的问题, 研究者们提出了不同的解决方案. 文献[2]中建议了一种改进的 MAP 选择算法, 主要是考虑 MAP 的负载均衡. 文献[3]中提出基于移动速度来选择 MAP, 快速移

动的车辆选择最远的 MAP, 而慢速移动的车辆选择最近的 MAP, 但是对于介于两者之间的情况, 并没有给出一个很好的解决方法.

针对车载网络移动管理协议, 国内很多学者也进行了深入的研究. 国防科技大学宋宏斌等针对城市车辆网络的移动性管理^[4], 提出了利用本地访问频率和邻居节点访问频率构建收益函数的方法, 通过建立车辆网络场景并模拟验证了该收益函数下的数据缓存的优越性. 文献[5]提出了一种基于 IPv6 的城市车载网移动切换协议. 该协议在移动过程中由家乡地址唯一标识, 无须转交地址, 因此节省了转交地址配置时间和代价, 从而缩短了移动切换时间, 降低了移动切换代价. 文献[6]评估了不同协议在高速车载网络环境中的性能, 结果表明相比于低速环境, 高速环境对四类协议性能均有严重的影响. 文献[7]提出了一种面向分层移动 IPv6 网络的动态指针推进机制, 移动锚点可以依据管理域的大小, 动态的调整指针推进机制, 该方案可以有效降低分层移动 IPv6 的开销, 但是未对该协议在车载网络中的性能进行评估和分析.

在数字蜂窝通信网络中, 指针传递算法^[8]能够有效降低信令开销. 文献[9]在 HMIPv6 的基础上, 实现了指针传递算法, 主要思路是在 MAP 之间建立指针链, 因此在 MAP 域间切换的时候, 该算法可以有效降低发往家乡代理 HA 的注册信令

收稿日期: 2015-10-09; 修订日期: 2015-12-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61340059)

作者简介: 刘书如 (1979—), 男, 河南南阳人, 郑州轻工业学院讲师, 主要从事网络移动性研究, E-mail: maillsr@163.com.

开销.但是当 MAP 域足够大时,域间切换发生的频率并不高,所以该算法的性能就不能充分体现.另外,该算法也没有进行路由优化.

笔者在上述研究基础上,结合车载网络本身的特点,提出一种新的基于 HMIPv6 的车载网络移动协议,将指针传递算法引入到车载网络中,对指针传递算法中的路由进行了优化,并建立分析模型,最后给出了仿真分析结果.

1 一种新的车载网络移动协议

1.1 EPF-HMIPv6 算法

在分层次移动 IPv6 (HMIPv6) 网络的基础上,结合车载网络移动性特征,提出一种新的指针传递算法,称为 EPF-HMIPv6 算法.在 HMIPv6 网络中,一个 MAP 覆盖的范围比较大,里面包含了很多访问路由器,MAP 域间切换要远少于 MAP 域内切换.因此,EPF-HMIPv6 算法把指针传递链建立在访问路由器 AR 之间,而不是像其他的指针传递算法^[10],把指针链建立在 MAP 之间,从理论说,EPF-HMIPv6 能够更加有效的降低一个 MAP 域内频繁切换时所产生的流量负载.为了更好的适应车载网络的特性,EPF-HMIPv6 还考虑了车载网络中车载网络移动快和慢两种情况,分别来评估该算法的性能.

1.1.1 MAP 域内切换绑定更新过程

如图 1 所示,在 EPF-HMIPv6 算法中,每一个访问路由器都维持一个指针链表.在该表中,每一行有三个字段:第一个字段是移动终端 MN 的家乡地址;第二个字段是 MN 目前所处的 AR 范围内所取得的转交地址 (LCoA);第三个字段是 MN 在新的 AR 所取得的下一个转交地址.

EPF-HMIPv6 算法绑定更新过程如下:

(1)MN 首先在第一个访问路由器 AR 上完成初始化注册,此时 AR1 的指针链表值分别为 LCoA1 和 NULL;

(2)如果 MN 移动到 AR2,MN 首先给 AR1 发送一个绑定更新消息,意思是在 AR1 和 AR2 之间建立传递指针链;

(3)AR1 收到绑定更新消息后,更新其指针链表,表中的下一个字段的值改为 LCoA2.同时,AR1 发送一个绑定更新确认消息给 MN;

(4)当 MN 收到确认消息后,MN 把其指针链表长度变量 L 加 1;

(5)整个绑定更新过程完成后,AR1 指针链表中的值为 LCoA1 和 LCoA2.而 AR2 指针链表的

值为 LCoA2 和 NULL.

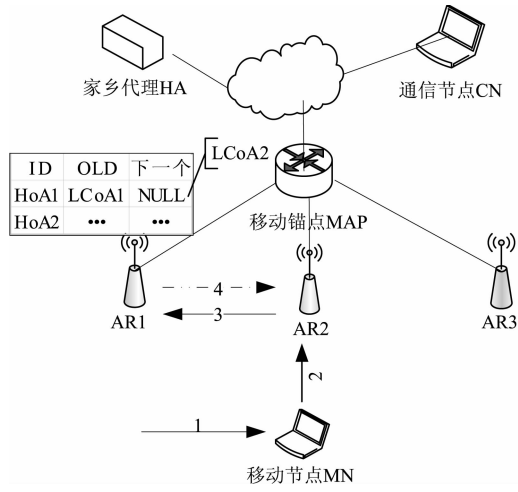


图 1 车载网络

Fig.1 The process of movement in vehicle network

绑定更新过程中,MN 始终记录一个指针链长度值 L ,如果 L 小于预先设置好的一个阈值 K ,就执行上述绑定更新过程.如果 L 等于 K 或者 MN 从一个 MAP 切换到了另一个 MAP 域,那么此时绑定更新消息就按照 HMIPv6 中的流程,发送给 MAP,并且长度值 L 重新设置为 0.

1.1.2 EPF-HMIPv6 路由优化

如图 2 所示,当 CN 向 MN 发送一个数据包的时候,整个数据包转发过程描述如下:

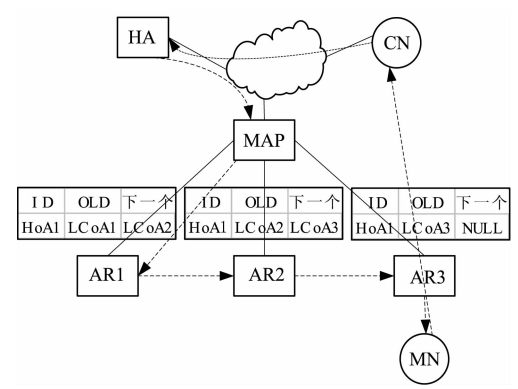


图 2 算法路由优化

Fig.2 Route optimization algorithm

(1)首先 CN 发送数据包到 MN 的家乡代理 HA,依据 HA 中记录的 MN 的 RCoA,也就是 MAP 的地址,把数据用隧道封装方式发送到 MAP;

(2)MAP 收到该数据包,根据 MAP 中记录的 MN 的 LCoA 信息,进行数据封装发送;

(3)MAP 首先把数据包发送到地址 LCoA1 处,也就是发送给 AR1;

(4)AR1 查询自己指针链表中的下一个字段值,如果下一个字段值为空,表明可以直接把数据

发送给 MN.

(5) 当 MN 收到来自 CN 的数据包后, MN 需要发送绑定更新到 MAP 和 CN, 目的是让对方知道自己最新的 CoA. 同时, 还需要重新初始化自己的指针链长度变量 L 的值. 以后的通信过程就可以实现 MN 与 CN 直接通信, 从而优化了路由, 也减少了数据发送时延.

2 性能分析

2.1 运行速度评估

车载网络中运行车辆, 可以看作是 EPF-HMIPv6 算法模型中的移动终端 MN, 车辆的移动, 相当于 MN 在 AR 路由器之间切换^[11]. 为了尽量降低 MN 在移动过程产生的绑定更新消息开销以及尽可能减少数据发送时延, 需要考虑到节点移动特性^[12]. EPF-HMIPv6 算法中, 把 MN 分为两类: 快速移动节点和慢速移动节点.

当 MN 进入到一个新的 AR 子网时, 可以用 MN 在前一个子网的驻留时间来评估在新的 AR 子网的驻留时间.

这里采用指数加权移动平均 EWMA 算法来评估子网驻留时间. 具体计算方法如下:

$$EM(t) = \alpha Y(t) + (1 - \alpha) EM(t - 1). \quad (1)$$

式中: $EM(t)$ 表示 t 时刻的估计值; $r(t)$ 表示 t 时刻测量值; $\alpha (0 < \alpha < 1)$ 表示对于历史测量值权重系数.

根据上述计算结果, MN 比较最新的驻留时间和预先设置好的一个阈值 δ , 如果大于 δ , 那么该车载定义为快速移动车载; 否则的话, 被定义为慢速移动车载. 对于快速移动车载, 发送带有 RCoA 地址的绑定更新消息给 CN; 而慢速移动车载发送带有 LCoA 地址的绑定更新消息给 CN. 对于快速移动车载来说, 通过该方法, 可以有效降低绑定更新开销; 同时, 对于慢速移动车载来说, 能够有效地避免 MAP 的转发数据包开销.

2.2 流体流动模型

为了模拟车载在网络中的移动, 采用了流体流动模型^[13], 该模型中车载移动方向是均匀的分布在整個范围内, 该模型适合表达具有高移动性、有方向性的变化.

在域内切换过程中, 定义 λ_s 为每一个会话过程中穿越子网的数字, 计算公式如下所示:

$$E(\lambda_s) = \left\lfloor \frac{2 \cdot v}{\pi \cdot S} \right\rfloor. \quad (2)$$

式中: v 表示车载移动平均速度; S 表示子网面

积. 同样的道理, 如果 D 表示 MAP 域面积, 那么每一个会话穿越的域的数量计算方法如式 (3) 所示.

$$E(\lambda_d) = \left\lfloor \frac{2 \cdot v}{\pi \cdot D} \right\rfloor. \quad (3)$$

2.3 网络模型

图 3 是一个车载网络拓扑示意图, 移动节点表示为 MN, 通信节点表示为 CN, 访问路由是 AR, 移动锚点是 MAP. MN 的移动采用上述流体流动模型来模拟.

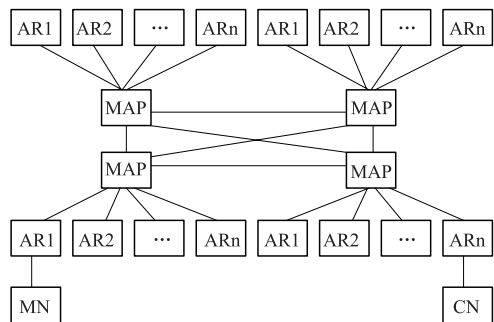


图3 网络拓扑示意图

Fig.3 Network topology diagram

2.4 HMIPv6 开销计算

为了评估算法性能, 有以下几个约定: $E(L_s)$ 表示平均会话长度; B_{HA} 表示到 HA 的绑定更新开销; B_{MAP} 表示到 MAP 的绑定更新开销; B_F 表示到前一个 AR 的绑定更新开销. θ 表示路由优化之前发送的数据包占一个会话的总数据包的比例, 值为 0.2.

P_{NRO} 表示从 CN 到 MN 的未经路由优化的数据包发送开销; P_{RO} 表示从 CN 到 MN 的经路由优化的数据包发送开销; P_F 表示从当前 AR 到前一个 AR 的数据包发送开销.

HMIPv6 算法绑定更新消息开销计算如下所示:

$$C_{BU}^{HMIPv6} = E(\lambda_d) B_{HA} + B_{CN} + E(\lambda_s) B_{MAP}. \quad (4)$$

数据包发送开销可以表示为

$$C_{PD}^{HMIPv6} = \theta \cdot E(L_s) P_{NRO}^{HMIPv6} + (1 - \theta) E(L_s) P_{RO}^{HMIPv6}. \quad (5)$$

2.5 EPF-HMIPv6 开销计算

EPF-HMIPv6 绑定更新开销计算如下所示:

$$C_{BU}^{EPFHMIPv6} = C_{BU}^{PF} + P_{LCoA} \mu_C T_{BU} B_{CN}. \quad (6)$$

式中: C_{BU}^{PF} 表示指针链算法开销^[14]; μ_C 是车载穿越子网的速度; T_{BU} 表示一个绑定更新周期, 那么在一个绑定更新周期内穿越子网数为 $\mu_C \cdot T_{BU}$. 数据包发送开销计算如公式 (7) 所示:

$$C_{PD}^{EPF-HMIPv6} = \theta \cdot E(L_s)(P_{NRO}^{HMIPv6} + \frac{k}{2}P_F) + (1 - \theta) \cdot E(L_s)((1 - P_{LCoA})P_{RO}^{HMIPv6} + P_{LCoA}P_{RO}^{MIPv6}). \tag{7}$$

3 仿真结果

3.1 车载移动速度对绑定更新开销影响

图 4 给出了车载运行速度和绑定更新开销的关系. 从图 4 得出, 无论是哪种算法, 随着运行速度的增加, 绑定更新开销都在增加, 这是因为随着速度加快, 穿越域内不同子网以及域间切换都更加频繁, 所以绑定更新总体开销都会增加. 但是相比于 HMIPv6 和 MAP-AOP^[3] 算法, EPF-HMIPv6 算法表现更加优秀, 也就是说, 车载网络中运用 EPF-HMIPv6 指针传递算法更加合适.

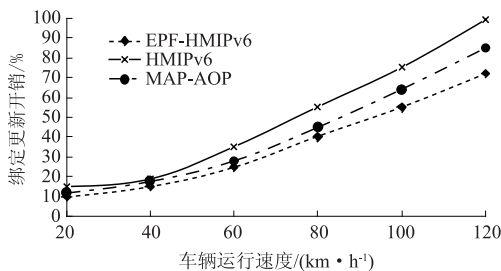


图 4 车载运行速度与绑定更新开销关系

Fig.4 The relationship between the binding update cost and vehicle running speed

3.2 SMR 对开销影响

图 5 中给出了 SMR 对总开销影响的示意图, 纵坐标显示的是相比于 MIPv6 来说总的开销比例. 当 SMR^[15] 采用不同值时, HMIPv6、MAP-AOP、EPF-HMIPv6 算法表现出不同的结果.

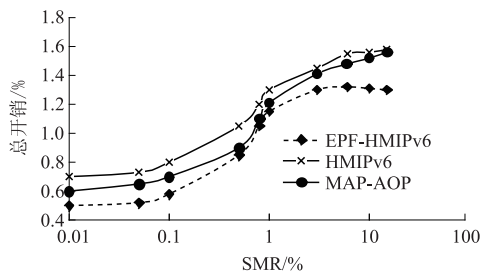


图 5 SMR 与总开销的关系

Fig.5 The relationship between SMR and the total costs

从图 5 中可以看出, 随着 SMR 增大, 总开销一直在增加. 当 SMR 小于 1 时, 也就是说相对于会话速度来说, 移动速度是主要影响因素, 无论是 HMIPv6、MAP-AOP 还是 EPF-HMIPv6 都能显著降低网络总开销. 但是, 当 SMR 大于 1 时, 这 3 种算

法的总开销都会明显增加, 主要是因为当会话速度占主要地位时, 虽然 HMIPv6、MAP-AOP 和 EPF-HMIPv6 3 种算法都能够降低绑定更新开销, 但是会增加数据包发送开销. 但是从图中可以得出, EPF-HMIPv6 算法更适合于移动速度快, 但是会话速度不是很快的车载网络.

3.3 指针链长度与 SMR

图 6 表明了 SMR 和最优指针链长度之间的关系. 当 SMR 值小时, 相比于会话到达速度来说, 移动速度是主要的影响因素, 因此, 降低绑定更新消息开销比降低数据包发送开销更加重要. 也就意味着, 指针链长度应该被加长, 这样就可以有效降低绑定更新消息开销. 反之, 当 SMR 增大时, 表明会话到达速度占据主导因素, 因此应该通过降低指针链长度, 从而来降低数据包发送开销. 因此, 随着 SMR 的增加, 最优指针链长度值在减小.

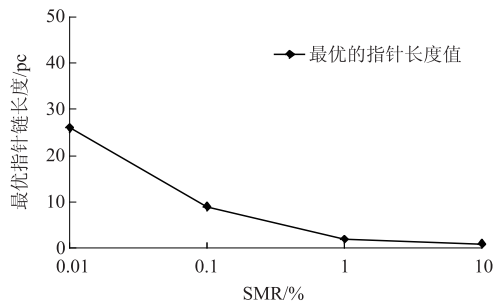


图 6 SMR 与最优指针链长度关系

Fig.6 The relationship between SMR and the length of pointer chain

4 结论

针对车载网络的特点, 结合现有指针链算法, 本文提出了一种改进的适合车载网络的指针链算法, 并对数据包发送路由进行了优化, 分析及仿真结果都表明该算法相比与现有算法在绑定更新开销、数据包发送开销方面表现更好, 但是该算法对于进行域间切换时, 与现有算法没有明显差异, 在今后研究工作中, 对于 MAP 域范围比较小的情况下的车载网络移动管理协议需要进一步深入研究.

参考文献:

[1] 马芳, 吉星. 一种优化分层式移动 IPv6 路由算法研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2015, 36(3): 125 - 128.

[2] CHEN Yenwen, HUANG Mingjen. Study of heuristic MAP selection and abstraction schemes with load balance in HMIPv6[J]. Wireless personal communica-

- tions, 2011, 57(2):217–232.
- [3] TAO Ming, YUAN Huaqiang, WEI Wenhong. Active overload prevention based adaptive MAP selection in HMIPv6 networks[J]. Wireless networks, 2014, 20(2):197–208.
- [4] 宋宏斌,肖晓强,徐明,等. 一种城市车辆网络中的数据缓存算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(1):121–123.
- [5] 王晓喃,钱焕延. 基于 IPv6 的城市车载网移动协议[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(10):3051–3060.
- [6] 杨卫东,李洋,沈策. 相关移动 IPv6 协议在车辆网络环境中的性能评估[J]. 计算机应用与软件, 1990, 26(12):212–215.
- [7] 杨怡,董永强. 面向分层移动 IPv6 网络的动态指针推进机制[J]. 软件学报, 2011, 22(1):164–176.
- [8] LI Y N, CHEN I R. Design and performance analysis of mobility management schemes based on pointer forwarding for wireless mesh networks[J]. IEEE transactions on mobile computing, 2011, 10(3):349–361.
- [9] PACK S, LEE B, KWON T, et al. A pointer forwarding scheme with mobility-aware binding update in Mobile IPv6 networks[J]. Computer communications, 2008, 31(5):873–884.
- [10] RAMADAN S M, EI S A, MARIE M, et al. Location management in PCS networks by caching two-level forwarding-pointers[J]. Wireless personal communications, 2007, 41(1):57–75.
- [11] ROS F J, MARTINEZ J A, RUIZ P M. A survey on modeling and simulation of vehicular networks: Communications, mobility, and tools[J]. Computer communications, 2014, 43(1):1–15.
- [12] MORAVEJOSHARIEH A, MODARES H. A proxy MIPv6 handover scheme for vehicular Ad-hoc networks[J]. Wireless personal communications, 2014, 75(1):609–626.
- [13] DUTTA N, MISRA I S. Fluid flow and random walk mobility model for wireless mobile network research: a review[J]. Advanced materials research, 2012, 75(1):403–408.
- [14] SON S, JEONG J. Cost-effective handoff scheme based on mobility-aware dual pointer forwarding in proxy mobile IPv6 networks[J]. Advanced materials research, 2014, 3(1):57–67.
- [15] PACK S, KWON T. A mobility-based load control scheme in hierarchical mobile IPv6 networks[J]. Wireless networks, 2010, 16(2):545–558.

A New Mobility Protocol in The Vehicular Networks Based on HMIPv6

LIU Shuru, ZHANG Qikun, GAN Yong

(School of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The frequent inter-domain or intra-domain movement of vehicles in vehicular networks may lead to large binding update costs and packet delivery costs. In order to solve this problem, an improved pointer forwarding scheme (EPF-HMIPv6) was developed in this paper. The scheme was based on the existing pointer forwarding scheme in cellular networks, and the routing of packets was optimized. To evaluate the performance of the proposed scheme, Analytical expression we were derived for binding update cost, signaling overhead caused by HMIPv6 and EPF-HMIPv6 handovers. The simulation results showed that the proposed scheme was better than the existing mobility management protocols in vehicular networks.

Key words: vehicular network; pointer forwarding; mobility management; HMIPv6