

下一代互联网中移动自组网的移动管理研究*

王晓喃¹, 钱焕延²

(1. 常熟理工学院, 江苏 常熟 215500; 2. 南京理工大学, 南京 210094)

摘要: 提出了一种下一代互联网中移动自组网的移动管理方案。此方案提出了与 IPv6 网络体系结构充分融合的基于簇的 MANET 层次体系结构, 并提出了簇的建立算法, 实现了簇首节点数量最小化。基于所提的 MANET 层次体系结构, 提出了 MANET 节点的 IPv6 地址分层结构以及相应的 IPv6 地址配置算法。基于所提的 MANET 层次体系结构以及 IPv6 地址分层结构, 提出了移动自组网移动管理方案。分析结果验证了本方案有效减少了移动转交次数, 降低了控制信息代价以及数据包丢失率。

关键词: 移动自组网; 移动管理; IPv6 网络; 簇; 簇首节点

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)11-4290-03

doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2012.11.074

Mobility management for MANETs connected to next-generation Internet

WANG Xiao-nan¹, QIAN Huan-yan²

(1. Changshu Institute of Technology, Changshu Jiangsu 215500, China; 2. Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: This paper presented a mobility management scheme for MANETs connected to the next-generation Internet. In this scheme, it proposed the MANET hierarchical architecture based on clusters which was fully compatible with the IPv6 network architecture. Accordingly, it proposed the establishment algorithm for establishing a cluster to minimize the number of the cluster heads. Based on the proposed MANET hierarchical architecture, it also put forward the hierarchical IPv6 address structure for MANETs and discussed the corresponding IPv6 address configuration algorithm. Based on the proposed MANET hierarchical architecture and the proposed IPv6 address structure, it presented the mobility management scheme. The comparative results show that the proposed scheme can effectively reduce the number of mobility handovers, and decrease both the control message cost and the packet loss rate.

Key words: mobile Ad hoc network (MANET); mobility management; IPv6 network; cluster; cluster head

0 引言

移动自组网 (MANET) 是由多个移动节点组成的不依赖任何基础通信设施的多跳无线网络。在 MANET 中, 每个节点都可以随意移动。由于节点无线覆盖范围的有限性, 两个无法直接进行通信的节点借助中间节点进行分组转发, 因此每个节点又是一个路由器。如果移动自组网没有与外界网络 (如互联网) 通信时, 它所占用的资源仅仅局限于 MANET 本身, 但是很多应用需要 MANET 与外界网络共享资源。随着 MANET 应用需求的不断涌现以及 IPv6 互联网的不断发展, MANET 接入 IPv6 互联网已经成为未来发展的必然趋势^[1]。

在 MANET 接入 IPv6 互联网之前, 移动节点必须先配置一个具有唯一性的 IP 地址以便实现正确的通信^[1]。因此, MANET 首先要解决的就是移动节点的 IP 地址配置问题。MANET 需要解决的另外一个问题就是节点的移动切换问题。由于 MANET 中的节点既是主机又是路由器, 因此 MANET 与传统的互联网的不同体系结构导致 IP 中的典型移动协议无法应用到 MANET 网络中。目前研究人员提出了一些移动切换方案, 但在这些方案中, 当移动节点 IP 地址变更时, 它需要发送大量的控制信息通知用户其 IP 地址的变更信息。由于移动节点 IP 地址的变更较频繁, 因此大量的控制信息耗费了大量的

网络资源, 同时也增加了数据包的丢失率。因此, 本文提出了一种移动方案以减少控制信息功耗, 降低数据包丢失率。

1 移动自组网层次体系结构

本方案中, MANET 包括以下四类节点:

- a) 簇首节点。具有路由转发功能, 能为本簇簇内节点分配地址。
- b) 簇内节点。不具有路由转发功能, 不能为其他节点分配地址。
- c) 簇网关节点。同时位于两个不能直接通信的簇首节点通信范围内的簇内节点, 具有路由转发功能。
- d) 新节点。未标志为簇首节点/簇内节点/簇网关节点的节点。

本方案中, MANET 作为末端网络通过接入路由器连接到互联网。MANET 划分为多个簇, 每个簇由一个簇首节点与多个簇内节点构成。两个不能直接通信的簇首节点通过簇网关节点进行通信。簇首节点和簇网关节点构建成 MANET 路由骨干网络。MANET 中的节点可随意移动。簇内节点通过路由骨干网络与互联网中的节点进行通信。与簇内节点直接通信的簇首节点称为簇内节点的关联节点。同一时刻, 一个簇内节点只有一个关联节点。

收稿日期: 2012-04-06; 修回日期: 2012-05-14 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61202440)

作者简介: 王晓喃, 男, 副教授, 博士 (后), 主要研究方向为下一代网络体系结构与协议 (wxn_2001@163.com); 钱焕延, 男, 教授, 博导。

2 移动管理方案

2.1 IPv6 地址结构

本方案中,簇首节点/簇内节点/簇网关节点采用 IPv6 地址结构,如表 1 所示。

表 1 IPv6 地址结构

(128- $i-j$) bit	i bit	j bit
global routing prefix	cluster ID	node ID

如表 1 所示,IPv6 地址由三部分组成,第一部分是全局路由前缀,唯一标志一个 MANET,一个 MANET 中所有节点的全局路由前缀都相同;第二部分为簇 ID,唯一标志一个簇,一个簇中所有簇内节点的簇 ID 都相同,其值等于簇首节点的簇 ID;第三部分为节点 ID,唯一标志一个簇内节点。在本方案中,接入路由器的 IPv6 地址的簇 ID 以及节点 ID 为 0;簇首节点的 IPv6 地址的节点 ID 为 0。表 1 中, i 和 j 为正整数,其值根据实际应用中 MANET 规模及节点密度来设置。

2.2 移动管理

本方案中,接入路由器保存一个关联节点表,表项包括三个域:IP 地址域、关联节点 IP 地址域以及生存周期。其中,生存周期随着机器时钟自动衰减,当衰减到 0,相关表项自动从关联节点表中删除。簇首节点保存一个关联簇内节点记录表,表项包括 IP 地址域和生存周期两个域。其中,生存周期随着机器时钟自动衰减,当衰减到 0,相关表项自动从关联节点表中删除。簇内节点 M 获取 IPv6 地址及关联节点 H 之后,根据下述过程向接入路由器 R 进行注册操作:

a)簇内节点 M 向节点 H 发送 Associate 消息;

b)节点 H 收到 Associate 消息后,将节点 M 加入到关联簇内节点记录表中,同时向接入路由器 R 发送一个 New_Associate 消息,消息负载为簇内节点 M 的 IP 地址;

c)接入路由器 R 收到 New_Associate 消息后,它在关联记录表中增加一条节点 M 的表项;

d)注册操作结束。

这样,当目的地址为节点 M 的数据包到达接入路由器 R 时,接入路由器 R 则将数据包发送到节点 M 的关联记录表项的关联节点 H 中,然后由节点 H 将数据包转发给节点 M 。如果关联节点 H 检测到节点 M 脱离自己的通信范围,那么它保存目的地址为节点 M 的数据包,同时将节点 M 从簇内节点关联表中删除。

2.2.1 移动自组网内移动管理(micro-mobility)

簇内节点 M 检测到即将离开当前关联节点 H_1 时,它检测邻居簇首节点发送的 H_Adv 消息,并选择信号强度最好的邻居簇首节点 H_2 作为下一个关联节点。如果簇内节点 M 从当前的 MANET 获取 IPv6 地址,并且节点 H_1 、 H_2 与节点 M 位于同一个 MANET 中,则通过下述过程实现移动管理:

a)簇内节点 M 向节点 H_2 发送 Associate 消息,消息负载为节点 H_1 的 IP 地址;

b)节点 H_2 收到 Associate 消息后,将节点 M 加入到关联簇内节点记录表中,同时向接入路由器 R 和节点 H_1 分别发送一个 New_Associate 消息,消息负载为簇内节点 M 的 IP 地址;

c)接入路由器 R 收到 New_Associate 消息后,将簇内节点

M 的关联记录表项中的关联节点 IP 地址域更新为节点 H_2 的 IP 地址,同时将生存周期设置为最大值;

d)节点 H_1 收到 New_Associate 消息后,如果它还保留有节点 M 的数据包,它则将数据包转发给节点 H_2 ,由节点 H_2 转发给节点 M ;

e)移动管理过程结束。

2.2.2 移动自组网间移动管理(macro-mobility)

移动自组网间移动管理分为以下两种情况讨论:

a)簇内节点移动

若簇内节点 M 从 MANET₁ 获取 IPv6 地址,其下一个关联节点 H_2 位于 MANET₂ 中,且节点 M 的当前关联节点 H_1 与节点 H_2 位于不同的 MANET 中,则通过下述过程实现移动管理:

(a)簇内节点 M 向节点 H_2 发送 Associate 消息,消息负载为节点 H_1 的 IP 地址;

(b)节点 H_2 收到 Associate 消息后,将节点 M 加入到关联簇内节点记录表中,同时向 MANET₂ 所连接的接入路由器 R_2 和节点 H_1 分别发送一个 New_Associate 消息,消息负载为簇内节点 M 的 IP 地址;

(c)接入路由器 R_2 收到 New_Associate 消息后,由于节点 M 与自己的全局路由前缀不同,因此在关联记录表中加入节点 M 的表项,其关联节点 IP 地址域为节点 H_2 的 IP 地址,同时向 MANET₁ 所连接的接入路由器 R_1 发送一条 New_Associate 消息,消息负载为簇内节点 M ;

(d)接入路由器 R_1 收到 New_Associate 消息后,将簇内节点 M 的关联记录表项中的关联节点 IP 地址域更新为路由器 R_2 的 IP 地址,同时将生存周期设置为最大值;

(e)节点 H_1 收到 New_Associate 消息后,如果它还保留有节点 M 的数据包,它则将数据包转发给节点 H_2 ,由节点 H_2 转发给节点 M ;

(f)移动管理过程结束。

b)簇首节点移动

如果簇首节点 H 从 MANET₁ 获取 IPv6 地址,通过检测邻居簇首节点发送的 H_Adv 消息获知自己移动到 MANET₂ 时,则通过下述过程实现移动管理:

(a)簇首节点 H 向 MANET₂ 的接入路由器 R_2 发送 New_Associate 消息;

(b)接入路由器 R_2 收到 New_Associate 消息后,由于节点 H 与自己的全局路由前缀不同,因此在关联记录表中加入节点 H 的表项,其 IP 地址域以及关联节点 IP 地址域为节点 H 的 IP 地址,同时向 MANET₁ 的接入路由器 R_1 发送一条 New_Associate 消息,消息负载为簇首节点 H 的 IP 地址;

(c)接入路由器 R_1 收到 New_Associate 消息后,增加簇首节点 H 的关联记录表项,其中关联节点 IP 地址域设置为路由器 R_2 的 IP 地址,同时将生存周期设置为最大值;

(d)移动管理过程结束。

这样,当目的地址为节点 H 的数据包到达接入路由器 R_1 时,接入路由器 R_1 将数据包发送到节点 H 的关联记录表项中的接入路由器 R_2 ,然后由路由器 R_2 将数据包转发给节点 H 。

3 性能分析

在 NS-2 仿真环境下分析了本方案以及现有方案^[2] 的性

能参数。性能参数包括数据包传输成功率、控制信息代价以及移动切换次数。初始状态下,仿真平台包括四个 MANET,每个 MANET 通过一个接入路由器 r 接入互联网。NS-2 的仿真参数如表 2 所示。

表 2 仿真参数

参数	值
mobility model	random waypoint mobility model ^[3]
pause time	30 s
number of nodes in a MANET	50
simulation area	1000 m × 1000 m
transmission range	250 m
traffic type	CBR
speed of a mobile node	[1m/s, 20m/s]
routing protocol	AODV
length of simulation time	1000 s
number of simulations	20 rounds
packet size	512 Byte
packet rate	5 packets/s

数据包传输成功率和控制信息代价如图 1、2 所示。

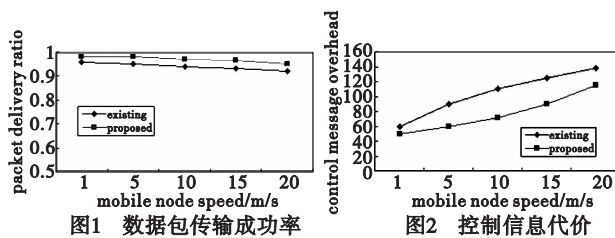


图1 数据包传输成功率

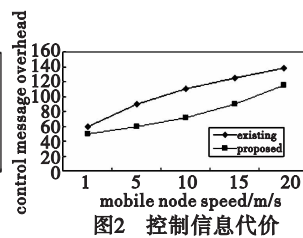


图2 控制信息代价

从上述分析可看出本方案的性能优于现有方案。

4 结束语

本文提出了一种下一代互联网中移动自组网的移动管理方案。在移动管理方案中,移动节点无须转交地址即可确保移动过程中通信的连续性和正确性,从而降低了移动管理的控制信息代价,减少了数据包的丢失率。本文比较分析了所提移动管理方案的性能,分析结果验证了本方案有效减少了移动切换次数,降低了控制信息代价以及数据包丢失率。

参考文献:

- [1] HWANG R H, LI Cheng-ying, WANG C Y, *et al.* Mobile IPv6-based Ad hoc networks; its development and application[J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2005, 23(11): 2161-2171.
- [2] DENKO M K, WEI Chen. A multi-gateway-based architecture for integrating Ad hoc networks with the Internet using multiple foreign agents[J]. *International Journal of Ad hoc and Ubiquitous Computing*, 2008, 3(2): 99-109.
- [3] CAMP T, BOLENG J, DAVIES V. A survey of mobility models for Ad hoc network research[J]. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2002, 2(5): 483-502.
- [4] HUI J W, CULLER D E. Extending IP to low-power, wireless personal area networks[J]. *IEEE Internet Computing*, 2008, 12(4): 37-45.
- [5] CASTELLUCCIA C, EIMALKI K, BELLIER L. RFC 5380, Hierarchical mobile IPv6 (HMIPv6) mobility management[S]. 2008.
- [6] KODALI R. RFC 4068, Fast handovers for mobile IPv6[S]. 2005.
- [7] JOHNSON D, PERKINS C, ARKKO J. RFC 3775, Mobility support in IPv6[S]. 2004.
- [8] OLIVEIRA L M L, De SOUSA A F, RODRIGUES J J P C. Routing and mobility approaches in IPv6 over LoWPAN mesh networks[J]. *International Journal of Communication Systems*, 2011, 24(11): 1445-1466.
- [9] GUNDAVELLI S, LEUNG E K, DEVARAPALLI V, *et al.* RFC 5213, Proxy mobile IPv6[S]. 2008.
- [10] BAG G, RAZA M, KIM K, *et al.* LoWMob: Intra-PAN mobility support schemes for 6LoWPAN[J]. *Sensors*, 2009, 9(7): 5844-5877.
- [11] HA M, KIM D, KIM S H, *et al.* inter-MARIO: a fast and seamless mobility protocol to support inter-PAN handover in 6LoWPAN[C]//Proc of IEEE Global Communications Conference. New York: IEEE Press, 2010: 1-6.
- [12] ISLAM M M, HUH E N. Sensor proxy mobile IPv6 (SPMIPv6)—a novel scheme for mobility supported IP-WSNs[J]. *Sensors*, 2011, 11(2): 1865-1887.
- [13] DENKO M K. Mobility management in hybrid Ad hoc networks and the Internet environment[J]. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2007, 19(8): 1193-1206.
- [14] WANG Xiao-nan, ZHONG Shan, ZHOU Rong. A mobility support scheme for 6LoWPAN[J]. *Computer Communications*, 2012, 35(3): 392-404.
- [15] NICULESCU D, NATH B. Ad hoc positioning system (APS) using AoA[C]//Proc of IEEE INFOCOM. 2003.
- [16] PATWARI N, ASH J, KYPEROUNTAS S, *et al.* Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks[J]. *IEEE Signal Process Mag*, 2005, 22(4): 54-69.
- [17] CAMPBELL A T, GOMEZ J, KIM S, *et al.* Design, implementation, and evaluation of cellular IP[J]. *IEEE Personal Communications*, 2000, 7(4): 42-49.
- [18] RAMJEE R, VARADHAN K, SALGARELLI L, *et al.* HAWAII: a domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks[J]. *IEEE/ACM Trans on Networking*, 2002, 10(3): 396-410.
- [19] IMRE S, SZALAY M. Ring based reliable IP micro-mobility network[C]//Proc of the 6th International Conference on Telecommunications. 2001: 113-120.
- [20] JONSSON U, ALRIKSSON F, LARSSON T, *et al.* MIPMANET-mobile IP for mobile Ad hoc networks[C]//Proc of the 1st Workshop on Mobile Ad hoc Network and Computing. 2000: 75-85.
- [21] PERKINS C E, ROYER E M B, DAS S R. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing[S]. 2003.
- [22] RATANCHANDANI P, KRAVETS R. A hybrid approach to Internet connectivity for mobile Ad hoc networks[C]//Proc of IEEE Wireless Communications and Networking. 2003: 1522-1527.
- [23] SUN Yuan, BELDING-ROYER E M, PERKINS C E. Internet connectivity for Ad hoc mobile network[J]. *International Journal of Wireless Information Networks*, 2002, 9(2): 75-88.
- [24] AMMARI H, EL-REWINI H. Integration of mobile Ad hoc networks and the Internet using mobile gateways[C]//Proc of the 18th IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium. 2004: 218.
- [25] DEERING S, HINDEN R. RFC 2460, Internet protocol, version 6 (IPv6) specification[S]. 1998.
- [26] HINDEN R, DEERING S. RFC 4291, IP version 6 addressing architecture[S]. 2006.
- [27] WANG Xiao-nan, QIAN Huan-yan. Constructing 6LoWPAN wireless sensor networks based on cluster tree[J]. *IEEE Trans on Vehicular Technology*, 2012, 61(3): 1398-1405.