基于 OLSR 的 MANET 地址自动配置机制

卿 利
(西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘 要: 为了解决现有无线自组织网络地址自动配置协议过于复杂、开销大、可实现性不强的问题,利用 OLSR 在全网拓扑信息维护、低开销消息洪泛等方面的优势,提出一种以 OLSR 为基础的地址自动配置方案。实现 IP 地址的快速分配,并只需对 OLSR 协议消息作简单修改即可在网络运行过程中维护地址的唯一性。本方案具有开销小、实现简单的特点,适合大型网络地址分配需要。

关键词: 地址自动配置; 自组织网络; OLSR 路由协议
中图分类号: TP393 **文献标志码**: A **文章编号**: 1001-3695(2011)04-1527-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2011.04.091

IP address auto-configuration scheme based on OLSR for MANET

QING Li
(*Southwest Institute of Electronic Technology*, *Chengdu* 610036, *China*)

Abstract: As most IP address auto-configuration protocols are too complexity and inefficiency on overhead, are impracticable for especially large-scale MANET. OLSR is a kind of proactive routing protocol, the whole addresses information of network are available and the MPR technique is used to lower overhead of network resources. To allocate IP addresses for new nodes quickly, proposed a new scheme based on OLSR. With a little modification of TC message of OLSR, it could guarantee the uniqueness of addresses in using. The proposed scheme also operates simple without brings much overhead besides that of OLSR protocol. It is applicable to large-scale MANET.

Key words: address auto-configuration; Ad hoc networks; OLSR protocol

0 引言

移动 Ad hoc 网络(MANET)由移动节点动态建立,不依赖于任何基础设施,每个节点既是主机又是路由器。在 MANET 中,节点的参数配置和路由是研究者关注的两个重要问题,直接关系 MANET 在无基础设施条件下的正常、自主运行。

基于 IP 的零配置网络(zero configuration network)[1] 中参数配置的变化对用户透明,使主机达到真正的即插即用,需要考虑包括 IP 地址配置、域名翻译、组播地址配置、服务发现等几个方面的自动配置需求。MANET 中 IP 地址配置是实现单播通信的基础,也是当前研究者关注的热点。MANET 中对 IP 地址的自动配置包括 MANET 本地地址分配和全球唯一地址分配问题,涉及唯一性地址分配、网络融合与分裂、重复地址检测等多个方面,需要考虑分布式、多跳性、拓扑动态性等网络特点以及由此带来的网络开销[2~4]。

对 MANET 路由技术的研究较为成熟,已提出了包括 AODV[5,6]、OLSR[7,8]、TBRPF[9] 等多种高效的主动式或被动式路由协议,并已由 IETF MANET 工作组作为 RFC 进行发布。OLSR 是一种主动式多跳路由协议,通过周期性控制消息洪泛,使网络中所有节点均具有全网络拓扑信息用于构建到每个目的节点的路由。与其他 MANET 路由协议一样,OLSR 假定 MANET 节点已经配置有效的 IP 地址,并不考虑地址重复带来的路径问题。此外,地址自动配置协议与路由协议的独立设计,将带来过多额外的控制开销。

针对当前多数地址配置协议[10~12] 过于复杂、开销较大、可实现性不强的问题,本文将以 OLSR 路由协议为基础,提出一种地址自动配置协议。所提出的地址自动配置机制在引入较低网络开销的条件下实现 MANET 节点的地址自动配置与唯一性维护。将路由与地址自动配置机制结合起来,也可以保证协议的简洁性和可实现性。

1 问题分析

本章将阐述地址自动配置需要解决的主要问题和 OLSR 协议的基本思想,并分析如何有效利用 OLSR 协议特点来实现一种低开销的 IP 地址自动配置机制。地址配置的目的是为接口配置用于单播通信的 IP 地址,通常包括 MANET 本地地址和全球唯一地址。MANET 本地地址用于在 Ad hoc 本地范围内通信,全球唯一地址则在节点需要与 Internet 主机通信或访问外部服务时使用。本文主要讨论 MANET 本地地址分配问题。

由于 MANET 可动态、灵活建立,任何具有 MANET 无线接口的一定节点集合均可组网通信,预设的 DHCP 服务器难以适应这种网络,地址分配将通过分布式方式完成。地址唯一性是地址配置需要考虑的主要问题。在节点为接口配置地址之前,可采用地址分段配置等方式[3],或者通过重复地址检测(DAD)机制[13] 来保证地址唯一性。在网络运行过程中,由于新节点加入网络或网络融合等事件发生,某 IP 地址可能同时被多个节点所使用时,需要一定的机制来检测地址冲突,并自动使节点放弃该冲突地址并重新进行地址分配。

收稿日期: 2010-08-22; **修回日期**: 2010-10-13

作者简介:卿利(1973-),男,四川内江人,工程师,博士,主要研究方向为无线自组织网络、传感器网络、网络安全(qingli_new@163.com).

此外,网络分裂使地址可重复用于分裂后相互独立的不同网络,地址自动配置协议应能感知网络分裂的发生,识别当前网络可用的地址集合,避免地址泄露。因此,可行的地址自动配置算法应能够处理节点加入网络、网络分裂后再融合、独立网络融合等事件带来的地址冲突问题,保证分配给节点地址的唯一性,并防止节点退出网络和网络分裂等带来的地址泄露问题。

OLSR 是一种主动式的链路状态路由协议。通过邻居节点间周期交换 HELLO 消息,获得邻居节点的增加和离开等信息,以及与邻居之间的链路状态;通过周期交换拓扑控制(TC)消息,将链路状态信息洪泛到全网,完成拓扑发现和拓扑维护,使每个节点建立起全网拓扑表,以用于计算到网络中所有节点的路由表。OLSR 在进行 TC 消息传输时,使用了一种 MPR 洪泛机制,即每个节点从 1 跳邻居中选择最小中继节点(MPR)集合,该集合内的 MPR 可达到所有的 2 跳邻居。由 MPR 节点负责中继传输 TC 消息到 2 跳邻居,直到 TC 消息传遍全网,从而有效降低网络控制开销。

地址自动配置算法与 OLSR 协议相结合可带来许多好处。在进行地址自动配置时,由于可能有多个接点同时加入网络,为了避免多个节点配置相同的 IP 地址,需要通过控制消息将待分配的 IP 地址通告全网,以保证地址的唯一性。使用 OLSR 的 MPR 来进行地址配置的消息洪泛,可降低网络开销。此外,在网络运行过程中,进行重复地址检测,防止由于网络融合或新节点加入导致的地址冲突非常重要。OLSR 使每个节点维护最新的全网拓扑信息,地址自动配置协议可利用现有信息,在不增加协议开销的条件下及早发现地址冲突问题。

2　基于 OLSR 的地址自动配置

本方案考虑 MANET 地址采用 IPv6 地址格式,将可用的 IPv6 单播地址分成临时地址和永久地址,通过地址前缀进行区分。地址自动配置机制包括确定地址分配代理、DAD 及地址分配过程和维护地址唯一性三个阶段。

新节点入网时的地址分配流程及网络运行时的地址唯一性维护流程分别如图 1 和 2 所示。

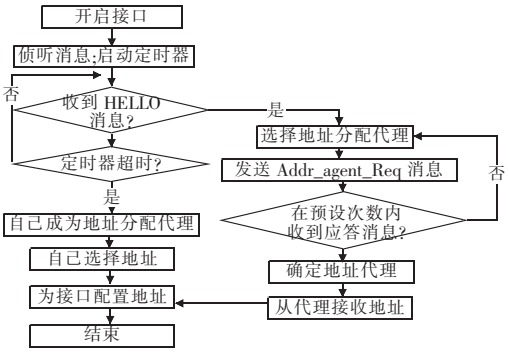


图 1　节点地址分配流程

2.1　网络初始化

节点加入运行 OLSR 路由协议的 MANET 时,需确定是否有网络节点存在。当节点接口开启后,侦听已入网邻居发送的 HELLO 消息,并启动定时器 NB_search_timer。MANET 中节点运行 OLSR 协议,将周期发送 HELLO 消息。如果节点是 MANET 的第一个节点或无 MANET 节点邻居,都将接收不到任何 HELLO 消息。如果定时器 NB_search_timer 超时,未收到 HELLO 消息,则节点自己作为地址分配代理,从永久地址范围中随机选择一个 IP 地址进行配置。该节点将可以作为其他节点的地址代理,为新入网的节点分配地址。

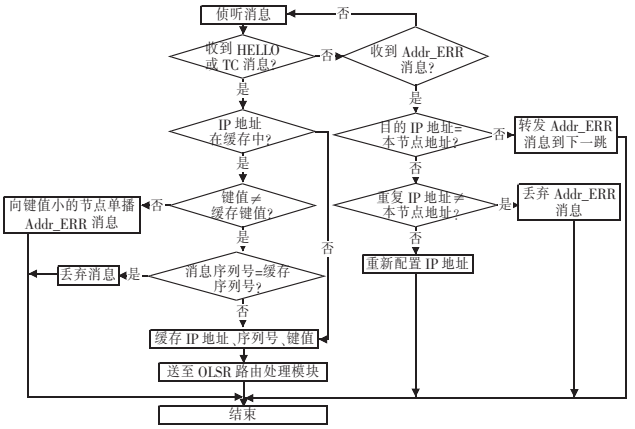


图 2　地址唯一性维护流程

2.2　新节点入网

在定时器 NB_search_timer 超时前,新节点收到已入网节点的 HELLO 消息,则表示当前 MANET 存在。新节点将从邻居中选择一个作为地址分配代理,由地址分配代理选择地址,并进行重复地址检测(DAD)后分配给新节点。

2.2.1　选择地址分配代理

用于分配的候选 IP 地址从永久地址范围中选出,可采用新节点选择候选地址和地址分配代理选择候选地址两种方式得到。由于新节点没有当前网络已分配地址信息,只能从整个可用地址范围中选取候选地址,可能选出已使用地址,而造成地址冲突,需要重复此过程直到成功,从而增加了地址分配的延时。

本方案采用地址分配代理优先方式,即由地址分配代理为新节点分配地址。新节点从已入网的邻居中选择地址分配代理,该节点拥有全网拓扑信息,可从未使用地址范围中选取地址来分配给节点,从而降低地址冲突概率,提高地址分配成功率。在确定地址分配代理过程中,需要传输地址代理请求消息(Addr_agent_req)和地址代理应答消息(Addr_agent_rep)两类控制消息。

新节点在临时地址范围中随机选择一个临时地址,并配置给无线接口。新节点从收到 HELLO 消息的源地址中选择一个作为地址分配代理。单播发送 Addr_agent_req 消息给该节点,并等待应答消息 Addr_agent_rep,启动定时器 Agent_req_timer。若定时器超时,则重复发送 Addr_agent_req 消息,并等待应答;如果重复次数达到预设值,节点仍然未收到 Addr_agent_rep 消息,则重新选择一个邻居节点作为地址分配代理,重复以上过程;若地址分配代理选择失败,则节点选择自己作为地址分配代理。

MANET 节点收到发送给自己的 Addr_agent_req 消息,则向请求节点发送一个 Addr_agent_rep 消息作为应答,则该节点成为新节点的地址分配代理节点。

2.2.2　DAD 及地址配置

新节点确定地址分配代理后,由代理节点承担地址分配职责。地址分配代理节点根据路由表信息确定当前可用的 IP 地址集合,然后从可用地址集合中随机选择一个作为候选地址。代理节点产生一个 Addr_req 消息,设置 AREQ_retry_count 和

DAD_retry_count 分别为常数 CONST_AREQ_RETRIES 和 CONST_DAD_RETRIES,填入候选地址,然后广播 Addr_req 消息,启动定时器 Addr_req_timer,等待接收 Addr_rep 应答消息;如果定时器 Addr_req_timer 超时未收到 Addr_rep 消息,则重新发送 Addr_req 消息,并使 AddrReq_retry_count 减 1,重启定时器 Addr_req_timer;如果 AddrReq_retry_count 为 0,则认为所选择的候选地址为唯一地址,发送 Addr_allocation 消息给新入网节点。

充分利用 OLSR 协议作为主动式路由实现全网拓扑维护的特点,每个节点均保存有全网节点地址信息,并通过 TC 消息进行周期更新,利用该信息可有效实现重复地址检测(DAD)如下:

a)如果 MANET 节点收到 Addr_req 消息,且该消息以前未收到过,比较自己 IP 地址与消息中携带的候选地址,若相同,则单播发送一个 Addr_rep 消息给代理节点,以通知该候选地址已被使用,不再转发 Addr_req 消息;否则,判断自己是否为 MPR 节点,如果是则转发 Addr_req 消息,如果不是则放弃转发 Addr_req 消息。

b)如果 MANET 节点收到 Addr_rep 消息,且该消息的目的地址为自己的地址,查询自己的候选地址表。如果 Addr_rep 消息中的捎带的候选地址在自己的候选地址表中,则删除表中此候选地址,并使 DAD_retry_count 减 1。若 DAD_retry_count 为 0,则发送 Addr_failure 消息通知新入网节点地址分配失败;否则选择一个新的候选地址,发送 Addr_req 消息,重新进行重复地址检测。如果 Addr_rep 消息中的捎带的候选地址不在自己的候选地址表中,则丢弃该消息,不作处理;否则,根据路由表转发该 Addr_rep 消息到下一跳。

通过以上 DAD 过程,新入网节点将分配得到一个 IP 地址,并保证该地址与其他节点地址不重复。

2.3　维护地址唯一性

新入网节点分配得到 IP 地址,便可与 MANET 中任何节点通信。在 MANET 运行过程中,需要维护地址唯一性,防止由于两个 MANET 融合或在 DAD 过程中 Addr_req 消息丢失等原因引起的地址冲突问题。每个 MANET 节点引入随机键值,作为节点的唯一标志,即任何两个不同节点的键值均不相同。那么,如果两个节点的 IP 地址相同,而键值不同,则认为两个不同节点选择了相同的 IP 地址,发生了地址冲突。因此,只需在 OLSR 路由协议的控制消息(包括 HELLO 消息和拓扑控制消息)中增加键值域,并在路由表中每个表项增加键值记录,而不用作其他修改,便可实现对地址冲突的检测。

如果 MANET 节点接收到 OLSR 协议的 HELLO 消息或 TC 消息,则检查源 IP 地址和消息携带的键值。如果 IP 地址在本地缓存中且键值与缓存的键值不同,则说明发生了地址冲突,节点单播一个 Addr_ERR 消息给具有更小键值的源地址;否则检查消息序列号。如果消息序列号与缓存的该源 IP 地址的消息序列号相同,则说明该消息已收到并处理过,直接丢弃该消息;如果该消息未收到过,则将该消息的源 IP 地址、序列号、键值信息缓存至本地,并按照 OLSR 路由协议进行其他处理。

如果 MANET 节点接收到 Addr_ERR 消息,则检查:若消息的目的 IP 地址为本节点地址,且消息中携带的重复 IP 地址为本节点地址,节点重新开始 IP 地址配置过程;若消息中携带的重复 IP 地址非本节点地址,丢弃该 Addr_ERR 消息;若消息的目的 IP 地址为非本节点地址,将该消息中继转发向目的地址的下一跳。

3　性能分析

本文提出的地址分配机制基于 OLSR 路由协议,除了 OLSR 协议本身需要传输的 HELLO 消息和拓扑通告(TC)消息外,本协议需要传输以下消息:Addr_agent_req、Addr_agent_rep、Addr_req、Addr_rep、Addr_allocation、Addr_ERR 消息。仅 Addr_req 消息为洪泛消息,其余均为单跳发送或者单播消息。Addr_req 消息主要用于重复地址检测,在地址分配代理选取一个地址后发送以通告选择的地址,以确认该地址是否为唯一地址。该消息需要全网洪泛,以保证在全网范围内该候选地址没有节点在使用或已被选择。由于消息洪泛产生协议的主要开销,而在 Addr_req 消息中,只需携带需要检验唯一性的候选地址,包长度较小,本协议产生的开销较小。注意到,如果为了进一步减小该 Addr_req 消息带来的开销,可以利用 OLSR 协议周期发送的 TC 消息,只需在 TC 消息中添加候选地址项即可实现重复地址检测,从而避免增加洪泛消息带来的开销。而 OLSR 协议本身采用 MPR 机制,降低了网络开销,因此整个协议的开销将非常低。

本协议充分利用了 OLSR 协议所具有的全网拓扑维护优点,采用地址分配代理优先方式来分配地址,而地址分配代理维护了在网节点信息,选择到重复地址的概率较小;只有在网络建立时有大量节点需要入网时,由于网络拓扑信息维护不完全,才会有较大的地址重复情况。地址重复将带来地址分配时延,并增加由于传输 Addr_req、Addr_rep 等消息带来的网络开销。

在协议中,地址唯一性维护机制采用键值与地址组合的方式判断是否发生地址重复,对 OLSR 路由协议只需稍作修改,在消息中增加键值项即可达到目的,相比于文献[10,12]等方法,实现简单,降低了开销。

4　结束语

本文提出一种基于 OLSR 的地址自动分配协议,以适用于具有低开销要求的大型自组织网络。该协议用于为新入网节点自动地分配 IP 地址,并维护网络地址的唯一性,防止因为各种原因导致的网络地址重复问题,而不会带来网络开销的明显增加。将路由与地址自动配置机制结合起来,也可以保证协议的简洁性和可实现性。协议设计充分考虑了实现的简单性,并保证地址分配时延尽可能的小。

参考文献:

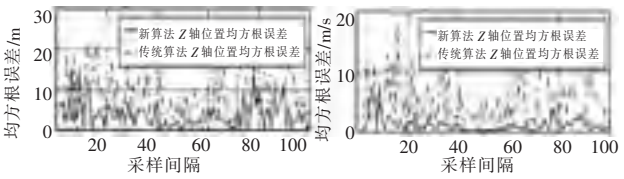
[1] HATTIG M. Zeroconf requirements[EB/OL]. [2010-07-20]. http://tools.ietf.org/id/draft-ietf-zeroconf-reqts-08.txt.

[2] THOMSON S, NARTEN T. IPv6 stateless address autoconfiguration [EB/OL]. (1998) [2010-07-20]. http://www.ietf.org/rfc/rfc2462.txt.

[3] PERKINS C, MALINEN J, WAKIKAWA R, *et al*. IP address autoconfiguration for Ad hoc networks [EB/OL]. (2001-12-14) [2010-07-20]. http://tools.ietf.org/id/draft-perkins-manet-autoconf-01.

[4] JELGER C. Gateway and address autoconfiguration for IPv6 Ad hoc networks[EB/OL]. (2004-04-23) [2010-07-15]. http://tools.ietf.org/id/draft-jelger-manet-gateway-autoconf-v6-02.txt.

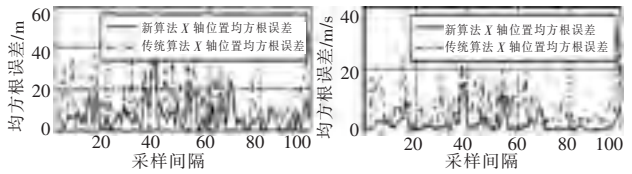
(下转第 1532 页)



(a) Z 轴位置均方根误差 (b) Z 轴速度均方根误差

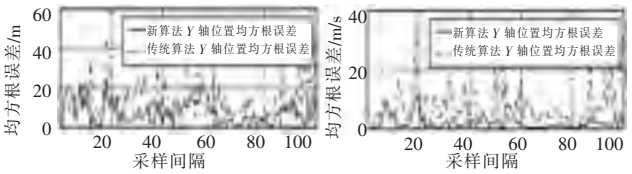
图 3 新算法与不含 f_d 的 EKF 算法在 Z 轴的 RMSE

b)新算法与传统的不含多普勒频率的 UKF 算法进行对比,如图 4 ~6 所示。



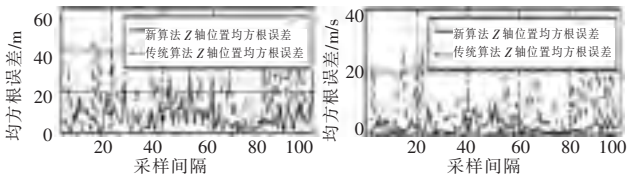
(a) X 轴位置均方根误差 (b) X 轴速度均方根误差

图 4 新算法与不含 f_d 的 UKF 算法在 X 轴的 RMSE



(a) Y 轴位置均方根误差 (b) Y 轴速度均方根误差

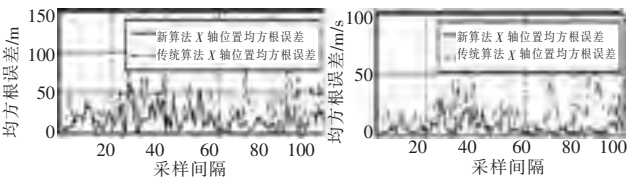
图 5 新算法与不含 f_d 的 UKF 算法在 Y 轴的 RMSE



(a) Z 轴位置均方根误差 (b) Z 轴速度均方根误差

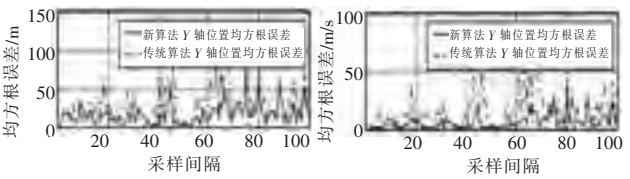
图 6 新算法与不含 f_d 的 UKF 算法在 Z 轴的 RMSE

c)新算法与含有多普勒频率的 EKF 算法进行对比,如图 7~9 所示。



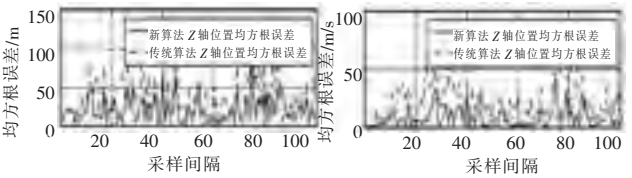
(a) X 轴位置均方根误差 (b) X 轴速度均方根误差

图 7 新算法与不含 f_d 的 EKF 算法在 X 轴的 RMSE



(a) Y 轴位置均方根误差 (b) Y 轴速度均方根误差

图 8 新算法与不含 f_d 的 EKF 算法在 Y 轴的 RMSE



(a) Z 轴位置均方根误差 (b) Z 轴速度均方根误差

图 9 新算法与不含 f_d 的 EKF 算法在 Z 轴的 RMSE

4.3 结果分析

从仿真结果图中可以清晰地看到,新算法由于加入了多普勒频率并且结合了 UKF 的滤波思想,从而提供了有关目标更进一步的信息,并且避免了系统非线性化所带来的弊端,最终使得滤波精度得到了明显提高。

5 结束语

本文在 UKF 算法的基础上,提出了一种观测方程中含有多普勒频率的非线性滤波算法,并且给出了新算法与传统算法的仿真对比分析。仿真结果表明,新算法相对于传统算法能明显提高滤波精度,体现了新算法的有效性和合理性。

参考文献:

[1] STIMSON G W. 机载雷达导论[M]. 2 版. 吴汉平,等译. 北京:电子工业出版社,2005:20.

[2] JULIER S J, UHLMANN J K. Unscented filtering and nonlinear estimation[J]. Proceeding of the IEEE, 2004, 92(3): 401-402.

[3] 樊红娟. 无先导卡尔曼滤波算法分析[D]. 重庆:西南大学,2007.

[4] 杨柏胜,姬红兵. 基于无迹卡尔曼滤波的被动多传感器融合跟踪[J]. 控制与决策,2008,23(4):460-463.

[5] 李涛. 非线性滤波在导航系统中的应用研究[D]. 长沙:国防科技大学,2003.

[6] 徐天河,杨元喜. 改进的 Sage 自适应滤波方法[J]. 测绘科学,2000,25(3):22-25.

[7] 丁杨斌,申功勋. Unscented 粒子滤波在静基座捷联惯导系统大方位失准角初始对准中的应用研究[J]. 航空学报,2007,28(2):397-401.

(上接第 1529 页)

[5] PERKINS C, BELDING-ROYER E, DAS S. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing[EB/OL]. (2003)[2010-06-28]. http://www.ietforg/rfc/rfc3561.txt.

[6] PERKINS C, ROYER E. The Ad hoc on-demand distance vector routing[C]//Proc of the 2nd IEEE Mobile Computing Systems and Applications. New Orleans: [s.n.], 1999: 99-100.

[7] CLAUSEN T, JACQUET P. Optimized link state routing protocol (OLSR)[EB/OL]. (2003)[2010-07-18]. http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt.

[8] CLAUSEN T H, HANSEN G, CHRISTENSEN L, *et al*. The optimized link state routing protocol evaluation through experiments and simulation[C]//Proc of IEEE Symposium on Wireless Personal Mobile Communications. 2001: 841-846.

[9] OGIER R G, TEMPLIN F L, BELLUR B, *et al*. Topology broadcast based on reverse-path forwarding (TBRPF)[EB/OL]. (2002)[2010-07-20]. http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3684.txt.

[10] NESARGI S, PRAKASH R. MANETconf: Configuration of hosts in a mobile Ad hoc network[C]//Proc of IEEE INFOCOM. New York: [s.n.], 2002: 1059-1068.

[11] WAKIKAWA R, MALINEN J, PERKINS C, *et al*. Global connectivity for IPv6 mobile Ad hoc networks [EB/OL]. (2006-03-07)[2010-07-18]. http://tools.ietf.org/id/draft-wakikawa-manet-globalv6-05.txt.

[12] JEONG J. Ad hoc IP address autoconfiguration for AODV[EB/OL]. (2004-06-19)[2010-07-18]. http://tools.ietf.org/id/draft-jeong-manet-aodv-addr-autoconf-01.txt.

[13] MOUSTAFA H, BERNARDOS C, CALDERON M. Evaluation considerations for IP autoconfiguration mechanisms in MANETs[EB/OL]. (2008-12-02)[2010-07-18]. http://tools.ietf.org/id/draft-bernardos-autoconf-evaluation-considerations-03.txt.