

# 移动 Ad Hoc 网络 DSR 路由协议的改进

王北光, 李立新, 谢 涛

(西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

**摘 要:**在 Ad Hoc 网络中, 针对 DSR 协议对快速移动的网络拓扑响应不及时, 容易产生许多失效路由及产生的路由效率低和能耗不平衡等缺点, 提出了一种改进的 DSR 路由协议(Improved-DSR 简称 IDSR)。该协议为每个节点增加了邻居表结构与能量均衡机制, 使节点能够及时地更新缓存中的失效路由, 并根据邻居表中节点状态缩短路由, 同时节点通过延迟转发路由发现包的时间来选择生存时间长的路由。仿真结果表明: IDSR 与传统的 DSR 协议相比, IDSR 明显提高了分组送达比例, 降低了平均延时, 延长了网络的生存时间。

**关键词:**Ad Hoc 网络; DSR 协议; 邻居表; 能量均衡机制; 仿真

**中图分类号:**TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)08-0121-04

## Improvement of DSR Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Network

WANG Bei-guang, LI Li-xin, XIE Tao

(College of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:**In Ad Hoc network, an improved DSR protocol(Improved-DSR abbreviate IDSR) is proposed for the disadvantages of traditional DSR protocol. For examples, the traditional DSR is not timely to response rapid mobile network topology and easy to produce many invalid routings, at the same time, takes place low routing efficiency and unbalanced energy consumption. IDSR proposed the neighbor table structure and energy balance mechanism for each node so that the nodes could update the failure routings in the cache and shorten the routings according to nodes status in the neighbor table, while the nodes could select long life routings by delaying the route discovery packets. Simulation results show that IDSR can improve group served proportion and reduce the average delay time and prolong the network life time obviously.

**Key words:**Ad Hoc network; DSR protocol; neighbor table; energy balance mechanism; simulation

## 0 引 言

Ad Hoc 网络作为一种在无线通信领域中正在迅速发展的新的网络技术, 由于其不需要任何固定的基础设施, 具有独立组网、无中心结构、自组织、多跳路由等特点, 所以可以满足战场、矿区、地震等不需要预先架设网络设施的特殊通信场合<sup>[1]</sup>。

Ad Hoc 网络中的节点不仅要具备普通移动终端的功能, 还要具有报文转发能力, 即要具备路由器的功能, 当网络中的节点进行通信时, 如果通信中的源节点和目的节点不在直接通信范围之内时, 它们可以通过中间节点转发报文进行通信<sup>[2]</sup>。那么节点采取什么样的策略转发报文才能获得良好的通信效果便显得尤为重要。因此路由协议成为 Ad Hoc 网络中非常重要的研究方向。

DSR 路由协议是一种基于源路由方式的按需路由协议, 由于其具有仅在需要通信节点间维护路由, 减少了路由维护的代价, 用路由缓存技术减少路由发现代价及产生多种到达目的节点路由等诸多优点, 已成为路由协议研究的重点之一<sup>[3]</sup>。

但是 DSR 路由协议也存在不可忽视的缺点, 首先, 由于 Ad Hoc 网络节点频繁快速的移动使得网络拓扑结构不断变化, DSR 缓存路由表更新不及时, 导致失效路由增多。其次, 由于缓存中存在许多以前使用过的路由, 所以在寻找路由时就会引入通信不必要的节点, 这就使路由延迟增大, 路由效率降低。最后, DSR 路由也没有考虑路由能量均衡的问题, 这就导致路由中的某些节点在通信中可能过度的消耗能量, 而过早的死亡, 从而造成断路, 路由失效。

针对以上问题, IDSR(Improved-DSR)协议提出了邻居表管理机制与路由能量均衡的方法, 然后利用 NS2 仿真软件对 DSR 和 IDSR 路由协议进行模拟仿真, 分析 DSR 与 IDSR 的性能, 对改进后的 IDSR 协议进行性能评估。

收稿日期: 2011-01-25; 修回日期: 2011-04-03

作者简介: 王北光(1985-), 男, 河北张家口人, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络; 李立新, 博士, 副教授, 研究方向为计算机网络与应用、电子商务智能化。

## 1 DSR 路由协议

DSR 路由协议是一种基于源路由方式的按需路由协议,它是 Carnegie-Mellon 大学“Monarch”项目的一部分,主要包括路由发现和路由维护两个过程<sup>[1,4]</sup>。当源节点要与目的节点通信时,首先检查缓存里是否有到达目的节点的路由,若存在则直接使用,否则发送路由请求消息(RREQ),当中间节点接收到 RREQ,则检查是否收到过此消息,若收到过则停止转发,若没有则先检查自己缓存中是否有到达目的节点的路由,若有则加入该路由并返回 RREP,若没有则将自己的地址加到 RREQ 再转发此 RREQ,直到源节点成功地接收到路由回复信息 RREP。在通信过程中,当中间节点检测到通往目的节点的下一跳链路中断时,它将从自己的缓存中删去包含该链路的路由并向源节点返回一个出错分组(RERR),源节点收到 RERR 后,重新触发路由发现<sup>[5]</sup>。

## 2 改进的 DSR 协议(IDSR)

DSR 协议作为一种基于源路由方式的按需路由协议,它与表驱动路由协议最主要的区别就是 DSR 协议不需要实时地维护路由信息,这就保证了 DSR 协议在节能与提高网络效率方面拥有明显的优势,但是这种协议却不能保证路由的实时有效性。据研究,DSR 协议在路由发现过程中绝大部分路由回复消息是由中间节点回复的,而这些回复的路由信息中仅有 60% 的有效路由信息,同时少部分由目的节点回复的路由信息高达 96% 是有效的,这就说明缓存中存在的失效路由严重制约了 DSR 路由协议的性能,那么对于如何减少 DSR 缓存中的失效路由,IDSR 提出了邻居表管理机制,通过使每个节点周期性地维护在它通信范围内的节点,并以此为依据,删除缓存中的失效路由,使缓存中的路由实时有效。另外,通过邻居表动态地缩短路由,并将此缩短路由通知源节点,这都极大地提高了 DSR 的性能。由于传统的 DSR 没有考虑路由的能量均衡,IDSR 在最后加入了路由能量均衡的方法来延长网络的生存时间。下面主要从 IDSR 协议改进的三个方面阐述该协议的基本原理。

### 2.1 缓存动态更新

DSR 路由协议中节点的缓存路由不是主动更新,而是路由发现过程被动地修改路由,这将会使缓存中存在许多失效路由,从而使节点发送报文失败,重新触发路由发现,这将严重地降低网络性能,为了避免这种情况,IDSR 协议为每个节点引入了邻居表结构,节点通过周期性的广播 hello 信息获得邻居节点与本节点的位置与连接状态的变化,从而能够主动地删除缓存中的失效路由,使缓存中的路由保持有效性,这样就避

免了路由发现过程中过多地引入缓存中的失效路由而造成网络性能的低下。

定义 1: 若  $R$  为某节点的通信范围, $r$  为节点 A 的通信阈值,则  $r = 95\% R$ 。

定义 2: 邻居表: 邻居表作为协议改进的核心,它反映了本节点通信范围内的节点与本节点的关系,它包含如下五个字段。

ID: 该节点邻居节点的标识。

LD: 表示在上一次发送 hello 信息时,本节点与邻居节点之间的距离。

TD: 表示本次发送 hello 信息时,本节点与邻居节点之间的距离。

STATE: 表示本节点与邻居节点的趋向关系, -1 表示两节点靠近, 0 表示两节点关系不变, 1 表示节点距离远离且两点距离  $h$  满足小于等于  $r$ , 2 表示节点距离远离且两点距离  $h$  满足大于  $r$  且小于等于通信距离  $R$ , 3 表示两点距离大于  $R$ 。

CONNECTION: 表示本节点与邻居节点的连接状态, 0 表示连接, 1 表示断开。

下面阐述邻居表管理机制的工作原理: 每个节点维护一个邻居表,通过实时地发送 hello 信息来确认邻居节点与本节点的状态关系,若上次探测本节点 A 与邻居节点 B 的距离为  $X$ ,本次探测节点 A 与邻居节点 B 的距离是  $Y$ ,那么根据公式  $K = \lg Y/X$ ,若  $K < 0$  表示靠近状态,STATE 设为 -1,同理  $K = 0$ ,表示距离没有改变,STATE 设为 0。若  $K > 0$  表示远离,TD 小于等于  $r$ ,STATE 设为 1,而当 TD 大于  $r$  且小于等于  $R$  时 STATE 设为 2,另外当  $TD > R$  时,CONNECTION 设为 1 表示节点之间连接断开,且 STATE 设为 3,其它情况下 CONNECTION 设为 0,同时,节点要根据邻居表的信息进行统计,然后根据统计信息动态地调整 hello 的发送周期。统计 STATE 中 -1 与 0 占总的邻居表数目的比例  $P$ ,若  $P \geq 80\%$  说明网络拓扑变化不大,那么可设 hello 的周期为 40 秒,当  $40\% \leq P \leq 80\%$  时,hello 的周期设为 20 秒,当  $P \leq 40\%$  时,hello 的周期设为 5 秒,这就使网络节点实时地获得邻居表的同时也降低了网络的开销。同时每个节点也要及时统计 CONNECTION 中 1 所占邻居表中条目总数的比例  $P_1$ ,当  $P_1 > 10\%$  时,节点向 Ad Hoc 网络中广播失效的链路,并且将这些失效链路从邻居表中的条目中删去,节点在收到数据包时检查缓存中是否存在失效链路,有则将此路由删去。为避免网络中的节点同时发送删除缓存的报文而造成网络冲突,所以在  $P_1$  到达 10% 时,要随机等待  $1/N$  秒( $N$  为邻居表中处于连接状态的节点数)。

### 2.2 选择缩短路由

IDSR 协议引入了路由缩短机制,主要是因为各个

节点的缓存中保存着许多以前的路由信息,而这些路由信息并不保证是性能比较优越的路由,这就使源节点发现的路由引入了不必要的节点,路由较长,网络性能较差,同时由于路由较长,路由失效的几率增大,网络的可靠性降低。由此引入了路由缩短机制。当节点转发分组时,查询邻居表中的邻居节点及其 STATE 值,看分组的路由信息是否存在不必要的节点,若路由中出现的第一个前向邻居节点与本节点之间的距离不是一跳且 STATE 不是 2 或 3,那么将此路由中邻居节点与本节点之间的其它节点都删去,并将此缩短路由由通知源节点,使源节点后续分组沿新的路由传送,否则不执行任何操作。下面介绍路由缩短机制。

当 A 节点要与目的节点 E 通信时, A 广播 RREQ, 假设 B 的缓存中存在 B 到 E 的路由 B-C-D-E, 那么 B 将此路由由返回给 A, 这时 A 得到通往目的节点 E 的路由 A-B-C-D-E, 之后 A 便沿着得到的路由向 E 节点发送分组, 如图 1 所示。但是由于 IDSR 采用了路由缩短机制, 那么当 B 收到 A 发送的分组时, 检查路由的前向邻居节点只有 A, 则 B 不执行任何操作, 当 C 接收到分组时, 检查路由的前向邻居节点有 A、B, A-B-C-D-E 中 A 是 C 的第一个前向邻居节点, 则检查 C 的邻居表中 A 的状态是否为 2 或 3, 若不是, 则通知源节点 A 以路径 A-C-D-E 发送分组, 否则不执行任何操作。以此类推, 当 E 节点接收到分组时检查邻居节点有 C、D, 检查 C 的状态是否为 2 或 3, 若不是, 则通知源节点 A 到达 E 的路由从 C 直达 E, 那么此后路由如图 2 所示。那么比较路由 A-B-C-D-E 与 A-C-E, 路由缩短机制明显地缩短了路由, 提高了网络性能。

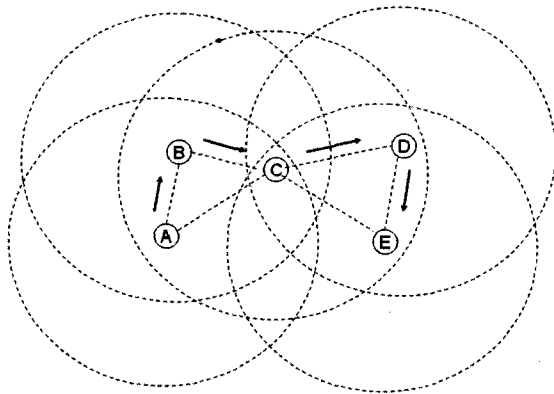


图1 没有缩短时的路由

### 2.3 路由能量均衡

移动 Ad Hoc 网络中节点一般是由电池供电, 这就使得采用 DSR 协议的 Ad Hoc 网络中某些节点可能过度使用而导致节点电量快速用完而造成经过这些节点的路由失效<sup>[6,7]</sup>。基于此, IDSR 提出一种通过延迟某个节点转发 RREQ 的时间, 使节点能量大的节点优先发送数据包, 从而使源节点优先获得能量状况较好的

路由, 从而达到路由能量均衡的目的。以下为节点延迟所用的公式:

$$t = T * (E - e)^2 / E^2$$

$t$ : 节点转发路由请求时的延迟时间。

$T$ : 节点的最大延迟时间。

$E$ : 节点的初始能量值。

$e$ : 节点当前的能量值。

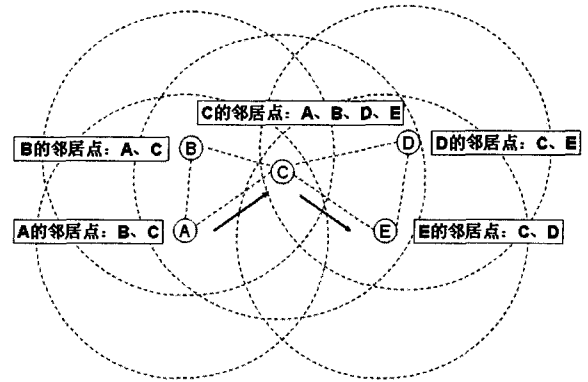


图2 缩短以后的路由

## 3 仿真实验

### 3.1 仿真环境

为了验证 IDSR 协议的性能, 选择的软件环境是 windows xp+cygwin+NS2.29。由于 IDSR 是 DSR 改进的协议, 所以可以在 NS2 网络平台提供的 DSR 源码基础上修改代码以实现 IDSR 协议, 并将 DSR 与 IDSR 的仿真结果进行比较。由于需要对仿真环境进行设置, 需要用 cbrgen 与 setdest 两个 NS2 提供的工具进行参数设置<sup>[8,9]</sup>。

节点个数: 50

节点传输范围: 250m

节点移动的最大速度: 6m/s

节点到达目的地之后要停留的时间: 0s, 100s, 200s, 300s, 400s, 500s, 600s, 700s, 800s, 900s

节点的初始能量: 50J

仿真区域: 1000m×800m

仿真时间: 900s

CBR 业务连接数: 20

数据包大小: 512Byte

发送速率: 20 packet /s

### 3.2 仿真性能参数

1) 分组送达比例: 由 CBR 来源产生的封包传送数目与成功到达目的地端封包数目的比值, 反映了路由有效性。

2) 封包点到点的平均延时: 所有可能的延迟时间的总和。它是反映数据包到达目的地时间长短的性能

指标。

3) 路由负载: 路由报文总数与数据报文总数的比值, 反映了协议的效率。

4) 网络生存时间: 从网络建立到网络中任意一个节点能量耗尽的时间间隔, 反映了网络寿命的长短。

### 3.3 仿真结果

从图 3 可以看出, 在节点运动比较剧烈的情况下, IDSR 与 DSR 协议相比较, IDSR 协议数据分组送达比例较高, 且比较平稳, 其主要原因是网络不稳定时, DSR 缓存中较易产生失效路由, 而 IDSR 采用缓存动态更新策略, 及时地删除了缓存中的失效路由, 减少了数据分组传递过程中使用失效路由的次数, 从而使数据分组保持较高的送达比例, 但是随着网络拓扑变化越来越慢, 直至 900s 时网络拓扑不变化, DSR 中的失效路由逐渐减少, 这样就使得 IDSR 与 DSR 在网络拓扑变化较慢时有着相近的分组送达比例。

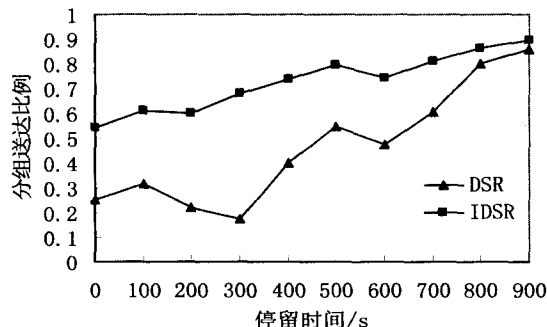


图 3 分组送达比例

从图 4 中可知, 随着网络拓扑变化越来越慢, IDSR 与 DSR 协议的封包点到点平均延时逐渐减小, 在节点运动较剧烈的情况下, 因为 DSR 使用缓存中的无效路由, 发送数据分组发现无效路由后重新发起路由查询, 因此延时较大, 而 IDSR 协议采用缩短路由的方法, 使到达目的节点经过的节点减少, 这就使得封包点到点的平均延时较小, 另外缓存动态更新在保证较高的分组送达比例时, 也一定程度地减小了延时。

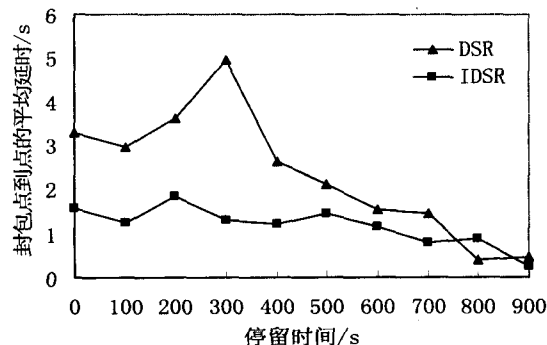


图 4 封包点到点的平均延时

由图 5 可知, 由于 DSR 是源路由方式的按需路由协议, 不是用周期性的广播来维护路由, 尤其在网络拓扑稳定的情况下不需要发送任何信息, 因此 DSR 在整

个仿真过程当中都保持着较低的路由负载, 而 IDSR 协议由于要实时地维护邻居表信息, 需要不断地发送分组, 因此 IDSR 相较于 DSR 协议, 路由负载略高, 但是随着网络拓扑越来越稳定, 维护路由表的周期越来越长, IDSR 与 DSR 的路由负载也越接近。

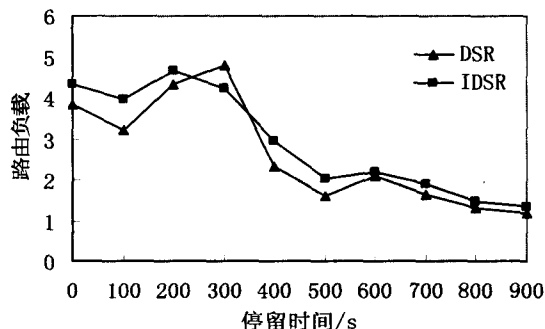


图 5 路由负载

从图 6 中可以看出, 随着网络拓扑的停留时间越来越长, IDSR 与 DSR 协议的网络生存时间都越来越长, 但由于 IDSR 协议使用了路由能量均衡方法来延长网络生存时间, 就使得 IDSR 的网络生存时间比 DSR 的增长了。

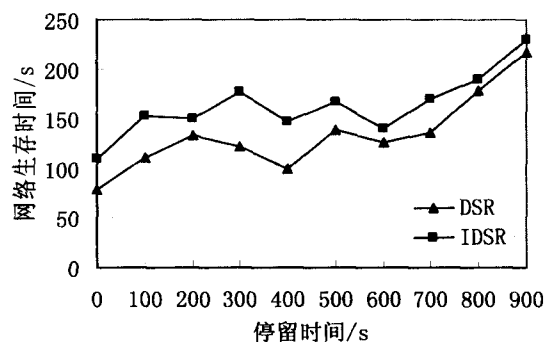


图 6 网络生存时间

## 4 结束语

Ad Hoc 网络作为无线通信技术向前发展的一个重要方向, 在未来的通信技术中占据着重要的地位, 已成为众多学者研究的对象<sup>[10,11]</sup>。这种网络的一大特点就是网络拓扑不断的动态变化。DSR 是 Ad Hoc 网络路由协议简单且性能优越的一种, 但是 DSR 对于网络结构的动态变化不能做出及时的反应, 从而使缓存中存在许多失效的路由, 这就使网络的性能发挥受到了很大的限制, 并且 DSR 也没有考虑网络的生存时间<sup>[12]</sup>。

针对这些问题, 在 DSR 的基础上提出了 IDSR 路由协议, 引进了邻居表和路由能量均衡机制。动态的更新缓冲并返回缩短的路由, 同时自动获取生存时间较长的路由, 这就有效地改进了 DSR 协议的延时大、网络生存时间短等缺点, 有效地提升了 DSR 的性能。

(下转第 128 页)

关键字、作者等信息,就可以精确找到想要的信息。

### 3.3 功能实现

笔者在 C# 工作环境下,基于个人主观本体的相关信息,设计实现了装备信息的语义搜索功能。用户只要在搜索栏输入个人主观模型中的关键字,即业务参谋关注的装备信息,例如射程,点击“搜索”按钮,系统就能根据提供的语义,搜索出与之相关的资源文件,包括文档、图片、视屏等文件,在文件列表中列出。用户点击想关注的文件,在下方的文件信息中就会展示该文件的详细信息,并提供文件位置链接功能。用户点击后直接转到该文件的具体存储位置。

通过语义搜索,用户无需知道文件的存放位置,只需给出个人主观模型中的数据特征,就可精确地找到想要的信息。并且,通过语义搜索,可将存在语义关联的资源显示出来,揭示了这些资源之间的语义联系。

## 4 结束语

语义桌面系统为了提高个人信息检索的效率,对本体的存储和管理提出了新的需求。为此,根据作战参谋的业务特点,笔者建立了适合作战需求的个人主观本体。在完成个人主观本体的构建之后,笔者设计完成语义桌面的检索功能。随着本研究的深入,语义桌面在装备领域中的应用,必将大大提高业务主管参谋的工作效率,对我军信息化建设也是一个很好的补充。

### 参考文献:

- [1] Sauermann L, Bernardi A, Dengel A. Overview and outlook on the semantic desktop [EB/OL]. 2008-04-18. [http://www.ischool.utexas.edu/~i385t-sw/readings/Sauermann-2005-Semantic\\_Desktop.pdf](http://www.ischool.utexas.edu/~i385t-sw/readings/Sauermann-2005-Semantic_Desktop.pdf).
- [2] Sauerman L, Grimnes G, Kiesel M, et al. Semantic Desktop

2.0: The gnowsiss experience [C]//Pro. of the ISWC Conference. [s.l.]:[s.n.], 2006:887-900.

- [3] Sauermann L. The gnowsiss—using semantic web technologies to build a semantic desktop [D]. Viennea: Technical University of Vienna, 2003.
- [4] Sauermann L, Grimnes G A. Semantic Desktop 2.0: The Gnowsiss Experience [C]//The 5th International Semantic Web Conference at the ISWC. [s.l.]:[s.n.], 2006.
- [5] Quan D, Huynh D, Karger D R. Haystack: A platform for authoring end user semantic web applications [C]//International Semantic Web Conference. [s.l.]:[s.n.], 2003.
- [6] 余翔宇. 语义桌面上的本体存储研究 [J]. 计算机科学, 2008, 35(8): 158-160.
- [7] 刘琼, 李宝敏. 一种果品领域本体库的构建方法 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(1): 197-199.
- [8] 邢玉萍, 吴飞, 邢桂芬. DW 中一种基于本体的语义集成方法研究 [J]. 微计算机信息, 2007, 23(4): 187-189.
- [9] 鲁宁, 刘磊. 本体的语义变化表示策略 [J]. 吉林大学学报, 2009, 47(5): 969-976.
- [10] 赵夷平. 传统搜索引擎与语义搜索引擎服务比较研究 [J]. 情报科学, 2010, 28(2): 265-270.
- [11] 王金环, 李宝敏. 基于本体 DL 的语义推理研究 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11): 94-100.
- [12] 花开明, 陈家训, 杨洪山. 基于本体与元数据的语义检索 [J]. 计算机工程, 2009, 33(24): 220-224.
- [13] 陈红红, 李辉, 李新春. 基于领域本体的概念格语义匹配 [J]. 郑州大学学报, 2010, 42(2): 70-73.
- [14] 黄果, 周竹荣. 基于领域本体的概念语义相似度计算研究 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 28(10): 2460-2463.
- [15] 时念云, 杨晨. 基于领域本体的语义标注方法研究 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 28(24): 5985-5987.
- [16] 冉婕, 孙瑜, 昌霞. 基于 OWL 的成语典故本体构建研究 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(5): 63-66.
- [17] 王继东, 张瑜, 李娜. 基于本体的语义检索技术研究与实现 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(10): 134-137.

(上接第 124 页)

### 参考文献:

- [1] 郑少仁, 王海涛, 赵志峰, 等. Ad Hoc 网络技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [2] 王金龙, 王呈贵, 吴启晖, 等. Ad Hoc 移动无线网络 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [3] 陈林星, 曾曦, 曹毅. 移动 Ad Hoc 网络: 自组织分组无线网络技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [4] 肖书成, 唐学文, 王康, 等. MANET 路由协议及其性能研究 [J]. 计算机工程与设计, 2004, 25(7): 1133-1136.
- [5] 屠样浩, 吴荣泉, 钱立群. 无线 Ad Hoc 网络 DSR 路由协议的优化设计 [J]. 计算机工程, 2009, 35(4): 97-99.
- [6] 张登银, 姬广芹. Ad hoc 网络中基于 DSR 的节能路由协议研究 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(8): 15-18.

- [7] Kunz T. Ad-Hoc, Mobile, and Wireless Networks [C]//5th International Conference. Ottawa: Springer, 2007.
- [8] 柯志亨, 程荣祥, 邓德隽. NS2 仿真实验—多媒体和无线网络通信 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [9] 黄化吉, 冯穗力, 秦丽娇, 等. NS 网络模拟和协议仿真 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [10] 常莉, 吴蒙, 王立. Ad Hoc 网络中能量有效路由协议的性能研究 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 47-50.
- [11] 胡汀, 裴廷睿, 朱晓瑜, 等. 使用新判据的改进型 DSR 协议 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(8): 92-95.
- [12] Johnson D B, Maltz D A. Dynamic source muting in ad hoc wireless networks [M]// Mobile Computing. [s.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1996: 153-181.