

## 容迟网络路由技术研究

徐佳<sup>1,2,3,4</sup> 王汝传<sup>1,2,3</sup> 孙力娟<sup>1,2,3</sup> 肖甫<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>(南京邮电大学计算机学院 南京 210003)

<sup>2</sup>(江苏省无线传感网高技术研究重点实验室(南京邮电大学) 南京 210003)

<sup>3</sup>(宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室(南京邮电大学) 南京 210003)

<sup>4</sup>(计算机网络和信息集成教育部重点实验室(东南大学) 南京 211189)

(xujia@njupt.edu.cn)

## Research on Routing Techniques on Delay Tolerant Networks

Xu Jia<sup>1,2,3,4</sup>, Wang Ruchuan<sup>1,2,3</sup>, Sun Lijuan<sup>1,2,3</sup>, Xiao Fu<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003)

<sup>2</sup>(Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003)

<sup>3</sup>(Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology (Nanjing University of Posts and Telecommunications), Ministry of Education, Nanjing 210003)

<sup>4</sup>(Key Laboratory for Computer Network and Information Integration (Southeast University), Ministry of Education, Nanjing 211189)

**Abstract** As the key components of DTN, routing technique is a challenge and promising research field. This paper introduced the architecture, challenges, theoretical basis, evaluation metrics and classification of DTN routing protocols. Then the basic principles and features of representative routing algorithms were described for each class. Finally, we analyzed these routing protocols, identified future research issues and intended to motivate new research and development in this area.

**Key words** delay tolerant networks; MANETs; WSNs; routing algorithms; routing protocols

**摘要** 路由技术作为容迟网络(delay tolerant networks, DTNs)研究的核心内容,已经成为了一个富有挑战性和极具前景的研究领域. 介绍了容迟网络体系结构,概述了容迟网络路由技术面临的挑战、理论基础和评价指标,接着对现有的容迟网络路由技术进行了分类,着重分析了典型的路由算法的基本原理和特点,最后给出了该领域未来研究方向.

**关键词** 容迟网络;移动自组网;无线传感网;路由算法;路由协议

中图法分类号 TP393

目前,MANET 和 WSN 应用正从起初的军事和抢险等个别领域转向范围更加广阔的民用领域,包括生物追踪、智能公路、医疗监测等. 这些应用场景都面临和星际网络<sup>[1]</sup>类似的问题,即消息发送者

和接收者之间始终存在完整路径的假设往往不再成立. 在这种限制下,传统的 MANET 和 WSN 路由就变得效率低下甚至根本无法运行. 容迟网络(delay tolerant networks, DTNs)为这类应用提供

收稿日期:2011-07-06

基金项目:国家自然科学基金项目(60973139);江苏省科技支撑计划基金项目(BE2010198, BE2010197);江苏省高校自然科学基金项目(10KJB520014);南京邮电大学引进人才项目(NY210077);东南大学计算机网络和信息集成教育部开放研究基金项目(K93-9-2010-13);南京大学计算机软件新技术国家重点实验室资助项目(KFKT2011B20);中国博士后科学基金项目(20110491453);江苏省博士后科研资助计划基金项目(1101126C)

了有效的解决方案.

RFC4838<sup>[2]</sup>详细描述了 DTN 采用面向异步消息传输的覆盖网体系结构(如图 1 所示),通过建立在不同网络的传输层之上的捆层(bundle layer)实现报文的存储和聚合,以捆为单位进行转发,同时屏蔽下层协议的差异性(RFC5050<sup>[3]</sup>给出了捆协议规范).这种新颖的面向消息的覆盖层体系结构逐渐被各国学者关注.2002 年因特网研究任务组(IRTF)成立了延迟容忍网络研究组(DTNRG)<sup>[4]</sup>,将该体系结构扩展为连接高度异类网络的通用 DTN 结构.目前对 DTN 的研究主要集中在体系结构、路由算法、缓冲管理、安全隐私等方面.本文对 DTN 路由技术进行分类,分析目前典型路由算法的原理和特点,给出未来研究方向,以期对 DTN 路由的进一步研究提供参考.

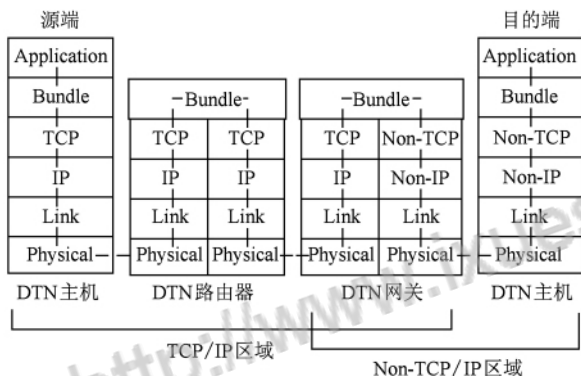


图 1 DTN 体系结构

## 1 DTN 路由设计基础

容迟网络中的路由设计是一个具有挑战性的课题.文献[5]找出了无线网络中单个节点对在最佳情况和最差情况下吞吐量的理论极限.文献[6]证明了在节点可移动的情况下,网络节点数的增加在某些情况下不会导致网络吞吐率的下降.文献[7]已经证明,源节点可以将消息的多个副本发送到不同的中继节点以增强网络的通信能力.针对 DTN 的特点和上述理论,容迟网络中的数据转发依赖于节点间的接触机会,采用异步传输的方式将数据最终发送给目的节点.这种数据转发的方式实际上是将传统的存储转发模式改变为存储等待转发或存储中继转发(SCF)模式.在评价容迟网络路由协议性能时,通常重点考虑以下 3 个方面:1)发送成功率;2)端到端传输时延;3)资源有效性.本文采用如图 2 所示的分类法.

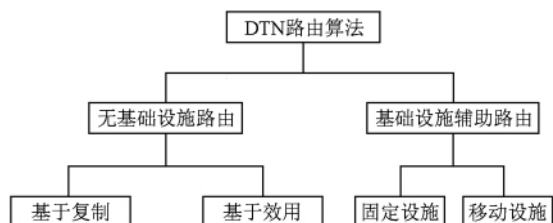


图 2 DTN 路由算法分类

## 2 典型的 DTN 路由算法

### 2.1 基于复制的路由

在基于复制的路由中,每当节点间接触时就复制(可能是以一定概率复制或部分复制)消息到对方节点,故网络中存在多个节点携带该消息的副本.复制路由技术以增加资源消耗为代价,提高消息发送率,降低传输时延.基于复制的路由有 MRP<sup>[8]</sup>, Epidemic Routing<sup>[9]</sup>, Spray and Wait<sup>[10]</sup>, LAROD<sup>[11]</sup>, TAROT<sup>[12]</sup>, MV 路由<sup>[13]</sup>, PROPHET<sup>[14]</sup>, RDAD<sup>[15]</sup>, SRAD<sup>[16]</sup>, ORWAR<sup>[17]</sup>, MaxProp<sup>[18]</sup>, Erasure Coding<sup>[19]</sup>, H-EC<sup>[20]</sup> 和 Network Coding<sup>[21]</sup>等.

移动中继路由协议(MRP)<sup>[8]</sup>在传统的多跳 IP 路由层上设计了一个 MRP 层,用于管理使用传统 MANET 路由协议无法进行路由的消息,其路由机制如图 3 所示. MRP 实际上是传统 MANET 路由与随机分发的结合,有效减少了带宽和存储空间占用.

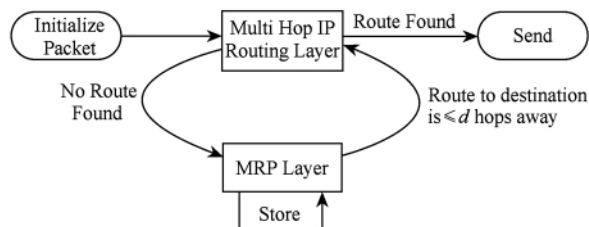
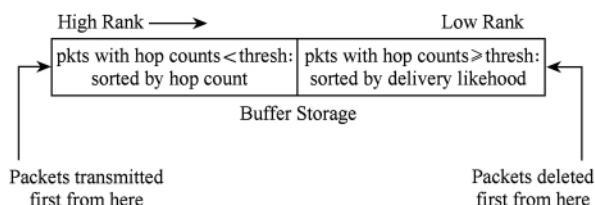


图 3 MRP 与传统 Ad Hoc 网络路由的结合

最大概率路由协议(MaxProp)<sup>[18]</sup>的主要思想是利用路径发送概率对缓冲中的消息区分优先级,结合缓冲管理机制提高发送率和降低时延. MaxProp 将整个网络看成为一个有权图,边上的权值为节点间的遇见概率.除路径发送概率以外, MaxProp 还引入了以下辅助机制:1)发送给邻居的消息具有最高优先级;2)路由信息通过对方式传递和更新;3)除了源和目的,已发送消息的确认将被广播到全网,这有助于清除老消息占用的缓存空间;4)对于从未在网络中发送的消息,将给予一定发送机会.对缓冲根据跳数分为两个部分,对于跳数小的

消息具有高优先级,如图 4 所示;5)节点不发送已经发送过的消息。



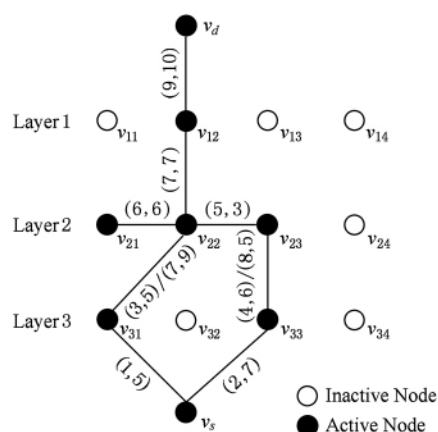
总体上来看,基于复制的路由在端到端延迟和发送率方面性能较优,并且对网络知识的要求低,但也存在着网络资源消耗大的问题。一些复制路由算法通过构造复制概率或优先权控制副本数量,取得了较好的结果。

## 2.2 基于效用的路由

基于效用的路由利用确定的连接信息、移动模式、流量模式等做出路由决策,并将消息副本转发给一个或少量能以最高概率成功将消息转发到目标节点的中继节点。基于效用的路由能有效避免过多的消息复制,从而降低资源消耗。效用路由可分为:基于历史的路由、基于最短路径的路由、基于上下文的路由以及基于信号强度的路由。基于效用的路由主要有:DTC<sup>[22]</sup>,MobySpace<sup>[23]</sup>,SEPR<sup>[24]</sup>,MEED<sup>[25]</sup>,PDR<sup>[26]</sup>,PASR<sup>[27]</sup>,CAR<sup>[28]</sup>,SCAR<sup>[29]</sup>、自适应路由<sup>[30]</sup>和 SBRS-OLSR<sup>[31]</sup>。

预测辅助单副本路由(PASR)<sup>[27]</sup>是面向水下传感器网络场景的路由协议。PASR使用一种称为挑战时序规划图(ACPG)的贪婪算法捕获节点的移动属性,构建和维护一张能同时反映拓扑和接触特性的有向带权图 $G(V, E)$ 。ACPG建立的边总是当前具有最小接触时隙的连接。当某条路由被预定后,路径中节点的资源相应较少,当连接能力耗尽时,该条边就从图中删除,重新选择新的路径。图 5 是产生于某时隙的规划图实例。PASR的本质是利用接触历史作为将来计划的依据,从而始终维护一条最小化时延路径。同时 PASR 根据网络资源确定链路可用性,充分考虑了水下传感器网络的特点。另一方面, PASR 对于链路的选择仅考虑了时延因素,并没有对该连接的质量、持续时间、频次等做进一步的考察,这将会影响包的发送成功率。

SCAR<sup>[29]</sup>根据节点的连通性效用、接收器接近度效用和能量效用构成一个上下文综合效用函数。每个传感器节点维护一个发送概率列表以记录高于自身发送概率的每个节点的标识及相应的发送概



率,并周期性地向邻居发送该列表进行上下文信息交换。相比随机方式,SCAR 具有更高的数据发送率,更低的网络负载和平均转发跳数。SCAR 需要掌握历史上下文信息来预测未来的发展,但并不是任何时候这些信息都是可获取的,另外 SCAR 基于周期性本地广播的上下文信息交换方式在极度稀疏的网络中的成功率也需要进一步考虑。

## 2.3 基于基础设施的路由

基础设施辅助路由通过引入中继设备,提高网络的容量,减轻普通节点的能量消耗,增强网络的可扩展性。更重要的是,大部分潜在的应用是一种具有层次结构的网络体系,基础设施辅助路由更符合实际。基于基础设施的路由主要有:SWIM<sup>[32]</sup>,throwbox<sup>[33]</sup>,Snake<sup>[34]</sup>,Runners<sup>[35]</sup>,VMNs<sup>[36]</sup>,MULE<sup>[37]</sup>,MF<sup>[38-39]</sup>和 CMFDS<sup>[40]</sup>。

抛掷盒路由(throwbox)<sup>[33]</sup>通过引入一种位置固定的无线中继设备抛掷盒来增加 DTN 节点间的传输机会和网络容量,该协议同时支持节点与抛掷盒和节点与节点两种通信方式,但不允许抛掷盒之间通信。抛掷盒的路由算法的目标是求出抛掷盒位置矢量  $x$  和路由矢量  $f$  以获得最大的数据率  $\lambda$ ,这是个 NP 难问题,文献[33]给出了两种贪婪算法。抛掷盒路由能在各种移动模型下提高吞吐量,降低时延。但要充分发挥抛掷盒路由协议的优势,每个节点需要知道整个网络的接触信息或流量信息,这在许多应用场景下是无法做到的。

Zhao 等人提出了摆渡路由结构(message ferrying, MF)<sup>[38]</sup>,MF 是一种在大规模稀疏 MANET 网络中利用预定运动模式的移动节点进行消息中继转发的路由方法。Zhao 等人设计了一种用于计算单摆渡者路径的启发式算法,接着提出了以提高数据发送率

和最优化能量为目标的 MF 路由协议<sup>[39]</sup>. 根据运动轨迹改变的对象不同, 可将 MF 的消息收集分为以下 2 种方式: 1) 节点发起的消息摆渡 NIMF; 2) 摆渡者发起的消息摆渡 FIMF. MF 在发送率和能量有效性上优于传染路由, NIMF 的总体性能优于 FIMF. 同时, MF 在不同移动模型上的表现差异并不明显, 显示出较强移动适应性.

消息产生者和接收者的移动性和实际应用环境直接相关, 移动节点到移动节点的路由结构主要满足网络节点之间的互联需要; 移动节点到固定节点的路由主要面向 WSN 数据收集的应用, 如水下 WSN 和生物追踪网; 而固定节点到固定节点的路由主要应用于公共服务, 如公共信息站和大型场所基础设施之间的交互.

### 3 结论与未来展望

尽管目前国内外已经产生了一些积极成果, 但总体来讲, 容迟网络路由技术的研究工作尚处于初步阶段, 一些基本问题尚待进一步的研究, 包括以下方面: 1) 效用函数的构建; 2) 缓冲管理机制; 3) 社会移动模型; 4) 服务质量保证; 5) 路由中的安全机制; 6) 与传统的 MANET 以及 WSN 路由的融合和协同; 7) 容迟网络的实际应用.

容迟网络将信息的收集与供给在空间和时间上最大程度的延伸, 在全球互联以及泛在网络潮流中将占有重要地位. 本文对典型的容迟网络路由技术做了介绍, 总结了该领域的最新研究进展, 指出了进一步的研究趋势. 尽管目前已经提出许多面向不同应用场景和针对不同性能目标的路由算法, 但一些关键问题尚未完全解决, 未来容迟网络路由的研究有待深入开展.

### 参 考 文 献

- [1] Akyildiz I F, Akan O, Chen C, et al. Interplanetary internet: State-of-the-art and research challenges. *Computer Networks*, 2003, 43(2): 75-112
- [2] Cerf V, Burleigh S, Torgerson L, et al. IETF RFC4838: Delay-Tolerant Networking Architect. (2007-04-01). [2011-03-25]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc4838.txt>
- [3] Scott K, Burleigh S. IETF RFC5050: Bundle Protocol Specification. (2007-11-01). [2011-03-25]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc5050.txt>
- [4] Kevin F, Stephen F. The Delay-Tolerant Networking Research Group (DTNRC). IETF Administrative Director. (2010-03-03). [2010-09-24]. <http://www.dtnrg.org/wiki/Home>
- [5] Gupta P, Kumar P R. The capacity of wireless networks. *IEEE Trans on Information Theory*, 2000, 46(3): 388-404
- [6] Grossglauser M, Tse D N C. Mobility increases the capacity of ad-hoc wireless networks. *IEEE/ACM Trans on Networking*, 2002, 10(4): 477-486
- [7] Sharma G, Mazumdar R, Shroff B. Delay and capacity trade-offs in mobile ad hoc networks: A global perspective. *IEEE/ACM Trans on Networking*, 2007, 15(5): 981-992
- [8] Nain D, Petigara N, Balakrishnan H. Integrated routing and storage for messaging applications in mobile ad hoc networks //Proc of WiOpt'04. Piscataway, NJ: IEEE, 2004: 595-604
- [9] Vahdat A, Becker D. Epidemic routing for partially connected ad hoc networks. CS-2000-06. Durham, NC: Department of Computer Science, Duke University, 2000
- [10] Spyropoulos T, Psounis K, Raghavendra C S. Spray and wait: An efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks //Proc of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2005: 252-259
- [11] Kuiper E, Nadjm T S. Geographical Routing in intermittently connected ad hoc networks //Proc of the 22nd Int Conf on Advanced Information Networking and Applications-Workshops. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2008: 1690-1695
- [12] Bromage M K, Koshimoto J T, Obraczka K. TAROT: Trajectory-assisted routing for intermittently connected networks //Proc of CHANTS'09. New York: ACM, 2009: 9-17
- [13] Burns B, Brock O, Levine B N. MV routing and capacity building in disruption tolerant networks //Proc of INFOCOM 2005. Los Alamitos, CA: IEEE, 2005: 398-408
- [14] Lindgren A, Doria A, Schelen O. Probabilistic routing in intermittently connected networks. *Mobile Computing and Communications Review*, 2003, 7(3): 19-20
- [15] 许富龙, 刘明, 龚海刚, 等. 延迟容忍传感器网络基于相对距离的数据传输. *软件学报*, 2010, 21(3): 490-504
- [16] 朱金奇, 刘明, 龚海刚, 等. 延迟容忍移动传感器网络中基于选择复制的数据传输. *软件学报*, 2009, 20(8): 2227-2240
- [17] Sandulescu G, Nadjm T S. Adding redundancy to replication in window-aware delay-tolerant routing. *Journal of Communications*. 2010, 5(2): 117-129
- [18] Burgess J, Gallagher B, Jensen D, et al. Maxprop: Routing for vehicle-based disruption-tolerant networks //Proc of IEEE INFOCOM'06. Piscataway, NJ: IEEE, 2006: 1-11
- [19] Wang Y, Jain S, Martonosi M, et al. Erasure coding based routing for opportunistic networks //Proc of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2005: 229-236

- [20] Chen L J, Yu C H, Sun T, et al. A hybrid routing approach for opportunistic networks //Proc of ACM SIGCOMM 2006 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2006: 213-220
- [21] Widmer J, Boudec J Y L. Network coding for efficient communication in extreme networks //Proc of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2005: 284-291
- [22] Chen X, Murphy A L. Enabling disconnected transitive communication in mobile ad hoc networks //Proc of the Workshop on Principles of Mobile Computing. New York: ACM, 2001: 21-27
- [23] Leguay J, Friedman T, Conan V. DTN routing in a mobility pattern space //Proc of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2005: 276-283
- [24] Tan K, Zhang Q, Zhu W. Shortest path routing in partially connected ad hoc networks //Proc of IEEE GLOBECOM'03. Piscataway, NJ: IEEE, 2003: 1038-1042
- [25] Jones E P C, Li L, Ward P A S. Practical routing in delay-tolerant networks //Proc of the ACM SIGCOMM 2005 Workshop on Delay Tolerant Networks. New York: ACM, 2005: 237-243
- [26] Yin Lei, Lu Huimei, Cao Yuanda. Probabilistic delay routing for delay tolerant networks //Proc of ICACT 2008. Piscataway, NJ: IEEE, 2008: 191-195
- [27] Guo Z, Wang B, Cui J H. Prediction assisted single-copy routing in underwater delay tolerant networks //Proc of IEEE GLOBECOM 2010. Piscataway, NJ: IEEE, 2010: 1-6
- [28] Musolesi M, Hailes S, Mascolo C. Adaptive routing for intermittently connected mobile ad hoc networks //Proc of the 6th IEEE Int Sympo on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2005). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2005: 183-189
- [29] Mascolo C, Musolesi M. SCAR: Context-aware adaptive routing in delay tolerant mobile sensor networks //Proc of the Delay Tolerant Networks Symposium. ACM International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC). New York: ACM, 2006: 533-538
- [30] Zheng Guo, Colombo G, Bing Wang, et al. Adaptive routing in underwater delay/disruption tolerant sensor networks //Proc of WONS 2008. Piscataway, NJ: IEEE, 2008: 31-39
- [31] Singh J P, Bambos N, Srinivasan B, et al. Proposal and demonstration of link connectivity assessment based enhancements to routing in mobile ad-hoc networks //Proc of the IEEE Vehicular Technology Conf. Piscataway, NJ: IEEE, 2003: 2834-2838
- [32] Small T, Haas Z J. The shared wireless infostation model—A new ad hoc networking paradigm (or Where there is a Whale, there is a Way) //Proc of the 4th ACM Int Symp on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2003). New York: ACM, 2003: 233-244
- [33] Zhao Wenrui, Chen Yang, Mostafa A, et al. Capacity enhancement using throwboxes in DTNs //2006 IEEE Int Conf on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS 2006). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2006: 31-40
- [34] Chatzigiannakis I, Nikolettseas S, Spirakis P. Analysis and experimental evaluation of an innovative and efficient routing protocol for ad-hoc mobile networks //LNCS 1982. Berlin: Springer, 2001: 99-111
- [35] Chatzigiannakis I, Nikolettseas S, Paspallis N. An experimental study of basic communication protocols in ad-hoc mobile networks. //LNCS 2141. Berlin: Springer, 2001: 159-169
- [36] Dolev S, Gilbert S, Lynch N A, et al. Virtual mobile nodes for mobile ad hoc networks //Proc of the 18th Int Conf on Distributed Computing. Berlin: Springer, 2004: 230-244
- [37] Shah R, Roy S, Jain S. Data MULEs: Modeling a three-tier architecture for sparse sensor networks. Ad Hoc Networks, 2003, 1(2): 215-233
- [38] Zhao Wenrui, Mostafa A. Message ferrying: Proactive routing in highly-partitioned wireless ad hoc networks //Proc of the 9th IEEE Int Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2003: 308-314
- [39] Zhao W, Ammar M, Zegura E. A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks //Proc of the 5th ACM Int Symp on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc'04). New York: ACM, 2004: 187-198
- [40] Polat B K, Sachdeva P, Ammar M H, et al. Message ferries as generalized dominating sets in intermittently connected mobile networks //Proc of the 2nd Int Workshop on Mobile Opportunistic Networking (MobiOpp 2010). New York: ACM, 2010: 22-31

徐 佳 男,1980 年生,博士后,讲师,主要研究方向为容迟网和无线传感网路由协议。

王汝传 男,1943 年生,教授,博士生导师,主要研究方向为无线传感器网络、网格、对等计算等。

孙力娟 女,1964 年生,教授,博士生导师,主要研究方向为传感网覆盖和拓扑控制、信息融合与处理。

肖 甫 男,1980 年生,副教授,主要研究方向为多媒体通信协议、卫星网络体系结构。

word版下载: <http://www.ixueshu.com>

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: [http://www.paperyy.com/reduce\\_repetition](http://www.paperyy.com/reduce_repetition)

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>

---

## 阅读此文的还阅读了:

- [1. 一种基于联络历史的车载容迟网络路由算法](#)
- [2. FSR网络路由协议研究](#)
- [3. 基于路由器的网络技术](#)
- [4. 容迟网络场景监测自适应路由研究](#)
- [5. 移动Ad Hoc网络MAC及路由层节能技术研究](#)
- [6. 网络IP路由技术](#)
- [7. 自动交换光网络路由技术](#)
- [8. DTN网络路由算法研究](#)
- [9. 基于路由器的网络技术](#)
- [10. 基于节点能力模型的容迟网络路由算法](#)
- [11. URPF技术在网络路由中的应用](#)
- [12. 计算机网络路由技术与算法研究](#)
- [13. 容迟网络中一种改进型ProPHET路由算法研究](#)
- [14. 基于平均传递概率的容迟网络路由算法的设计](#)
- [15. 容迟网络中传染路由协议优化](#)
- [16. 容迟网络中基于社会网络的可靠路由](#)
- [17. 基于效用的容迟网络路由技术研究](#)
- [18. 容迟网络多副本路由技术研究](#)
- [19. 基于社区的容迟网络路由方法](#)
- [20. Ad hoc网络路由技术的研究](#)
- [21. 容迟与容断网络中的路由协议](#)
- [22. 路由器技术在网络中的应用研究](#)
- [23. 基于路由器的网络技术](#)
- [24. 容迟网络路由算法](#)
- [25. 一种基于移动Sink的容迟网络自适应机会路由算法](#)

- 26. 网络互联中的路由技术应用研究
- 27. 网络拓扑设计及IP网路由技术
- 28. 以路由器为基础的网络技术分析
- 29. 容迟网络中的路由算法研究及比较
- 30. 试论容断与容迟网络中的路由协议及其评估
- 31. 容迟/容断网络传输技术研究
- 32. IP网络路由技术
- 33. 网络路由技术综述
- 34. 基于路由器的网络技术
- 35. 容迟网络路由技术研究
- 36. 卫星网络路由技术
- 37. 容迟/容断网络路由技术研究
- 38. IP网络路由技术
- 39. 容迟网络中的基础设施辅助路由协议
- 40. DTN网络路由技术研究综述
- 41. 基于节点相似性的容迟网络概率路由算法
- 42. AD HOC网络及路由技术分析
- 43. 容迟网络中的随机路由算法研究
- 44. 容迟网络路由技术研究
- 45. IP网络路由技术简介
- 46. 军用通信网络路由技术研究
- 47. 基于终端的战术网络路由分析技术研究
- 48. 容迟网络中基于复制策略的单播路由算法研究
- 49. 网络互连与路由技术
- 50. 网络“交警”——路由器技术浅析