

无线网络中一种受控的 Flooding 策略

袁培燕¹, 刘 萍², 汤跃明¹

(1. 河南师范大学 物理与信息工程学院, 河南 新乡 453007;
2. 河南师范大学 网络中心, 河南 新乡 453007)

摘 要: 能量受限的移动自组织网络广播路由协议的研究一直是无线网络研究的热点之一。而以洪泛方式的广播算法无疑比较适合于节点不断移动的自组织网络环境。但是传统的洪泛算法容易引起路由风暴的问题。结合能量模型, 针对节点不同的能量等级, 采用不同的转发概率, 从而将洪泛报文控制在一定的范围之内, 以便减少控制报文的数量, 降低能量消耗。理论分析和仿真结果显示, 改进后的洪泛算法一方面降低了系统的能量消耗, 另一方面延长了网络的存活时间。

关键词: 广播; 洪泛; 自组织网络; 概率转发

中图分类号: TP393.01

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)10-0118-04

A Controlled Flooding Strategy in Wireless Networks

YUAN Pei-yan¹, LIU Ping², TANG Yao-ming¹

(1. College of Physics & Information Engineering, Henan Normal University, Xinxian 453007, China;
2. Network Center, Henan Normal University, Xinxian 453007, China)

Abstract: The study of broadcast or multicast routing protocols is one of the hotspots in energy constrained mobile Ad Hoc networks. To the mobile characteristic, the broadcast based on flooding is more suitable than others. Of course, the flooding algorithm brings a problem of routing storm at the same time. Combined with the energy model and according to different energy levels, uses different forwarding probabilities to control the flooding messages within a range so as to reduce the energy consumption. Because of reducing the numbers of control messages, the theory analysis and simulation results show that the modified flooding algorithm has a lower energy consumption and longer lifetime than the traditional ones.

Key words: broadcast; flooding; ad hoc networks; probability forwarding

0 引言

Ad Hoc 是一种特殊的无线网络, 没有中央控制设施。网络中的节点既是路由器, 又是主机, 作为同等实体连接在一起。非相邻的两两节点间的通信必须通过网络中的其他节点才能实现。如何在节点间选择合适的路由, 是 Ad Hoc 网络的核心问题。

广播是经典的自组织网络路由协议在进行选路操作时常用的策略之一^[1]。据人们所知, 目前尚没有一种专门为 MANET 设计的广播协议^[2]。最直接的广播途径是洪泛 (Flooding), 即对任一路由节点, 当收到一个非重复的广播消息时, 它将此消息广播给其邻居节

点。在网络连通和没有丢包的情况下, 洪泛可以保证将一个广播消息沿延时最短的路径传播给网络中所有目的节点。它不需要网络节点维护与路由相关的状态信息, 协议开销小。不过由相关文献的分析可知, 在一个移动、自组织网络环境中, 无控制的洪泛会带来广播风暴^[3,4]问题。此外, Flooding 也没有考虑能量因素。但是 Ad Hoc 网络中的节点大部分是便携式设备, 由尺寸受限的电池供电, 整个网络是一个能量受限系统, 如何节省节点的能量, 尽可能延长网络的可操控时间逐渐成为衡量路由协议性能的重要指标^[5,6]。特别是在紧急营救、军事行动、商务会议以及低功耗、高密度的无线传感器网络等情况下显得尤其重要。鉴于此, 文中介绍了我们提出的一种能量受限的移动自组织网络广播算法 (PB-Flooding)。

此协议结合能量模型, 针对节点所处的不同能量级别, 采用不同的转发概率以便减少控制报文的数量, 从而达到延长网络存活时间、提高网络通信效率的目的。

收稿日期: 2010-01-10; 修回日期: 2010-03-29

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目 (2009BS20016); 河南省政府决策研究招标课题 (B226); 河南省哲社规划项目 (2009FJJ036); 河南师范大学青年科学基金资助项目 (2008qk06)

作者简介: 袁培燕 (1978-), 男, 硕士, 讲师, CCF 会员, 研究方向为网络协议。

1 相关文献

在一个节点不断移动的自组织环境中,广播无疑是一种比较有效的数据传输方式。但同时无控制的洪泛策略也会带来广播风暴等问题。鉴于此,基于不同的度量标准,近年来一些学者提出了一些受控的洪泛算法。比较有效的有以下几种:文献[4]提出了两种优化的洪泛策略来传输数据,一种是概率洪泛,即当一个节点第一次收到数据报文时,以概率 P 传输报文,以概率 Q 丢弃;另一种是基于计数器的洪泛方式,当一个节点收到同样的数据报文超过一个固定的次数 C 时,该节点将不再向它的邻居节点传输消息,否则,该节点转发报文。文献[7]对这种方式进行了优化,提出了一种适应性的计数器洪泛方式。通过将上述的 C 改为一个依赖于节点邻居节点个数的函数 $C(n)$,当节点收到数据报文时,如果 $c < C(n)$,则随机延迟 $(0,31)$ 个时隙,再进行转发,否则丢弃该报文。

基于 GPS^[8]和贪婪算法,文献[9]提出了一种基于 GPS 的洪泛算法,通过将数据报文限制在一定的区域内,从而降低受影响节点的规模,达到提高系统能量性能的目的。文献[10]在文献[9]的基础上,同时研究了位置和方向对移动自组织网络性能的影响。文献[11~13]基于贪婪算法,在传输数据报文时,通过选择与自己角度最小或距离最短的邻居节点作为下一跳节点,从而控制洪泛的范围。

受文献[8]的启发,文献[14]提出了一种定向扩散(directed diffusion)的数据传输思想。它的目的是在源和 sink 节点之间建立通讯。当 sink 节点发出查询任务时,该任务被描述为 interests 并用洪泛的方式扩散到网络中的所有节点。节点收到来自不同邻居的 interests 时,会建立一个到该邻居的梯度。当扩散完成后,在源节点和 sink 节点就会建立多条由梯度形成的路径。在网络运行的整个时期,源节点向所有可能的邻居周期性地发送探测信息,以实现路由的生成以及更新。Sink 节点根据收到的同一探测分组的不同副本所携带梯度的不同,选择一条最优的路径,并以单播的方式发送增强信息告诉源节点。至此,路由建立过程结束,后续数据沿着建好的路由进行转发。由上所述可知,定向扩散机制同样采用了基于洪泛的方式传输查询消息,网络性能将由于大量查询信息的洪泛而急剧下降^[15]。

通过上述分析可知,相关文献对改进洪泛算法提出了一些有效的方式,但他们没有考虑能量因素。而移动自组织网络是一个能量受限的系统,大部分节点是便携式设备,由尺寸受限的电池供电。如何保护节点的能量,尽可能地延长网络的存活时间,在移动自组

织网络尤其是无线传感器网络中显得尤为重要。基于上面的考虑,结合无线网络中的能量模型,在第二部分详细描述了我们的能量受限的概率洪泛算法,并进行了理论上的分析。

2 PB-Flooding 的转发机制

2.1 算法的描述

文中的路由协议是一种根据节点能量级别采取不同转发概率的路由算法。根据节点的剩余能量,将节点划分为不同的能量级别。剩余能量多的节点,划分的能量级别高,剩余能量少的节点,划分的能量级别低。节点收到 RREQ 后,首先判断自身所处的能量级别,依据不同的能量级别,进行不同的转发处理。即能量级别高的节点,以较大的概率进行转发,能量级别低的节点,以较小的概率进行转发。这样以来,当目的节点收到第一个 RREQ 的时候,能量级别相对较高的节点参与该路由的概率较高,能量级别相对较低的节点参与该路由的概率较低,一方面保护了能量级别相对较低的节点,延长了网络的存活时间,另一方面,减少了控制报文的数量,节省了系统的能耗。算法的伪代码如下:

```
//获得能量级别
Acquire(el);
// 进行不同的转发处理
if (el=1) 低概率转发;
if (el=2) 较低概率转发;
if (el=3) 高概率转发;
```

2.2 算法的理论分析

假设网络中一共有 N 个节点,每个节点的邻居节点个数为 n_i ,节点的当前能量为 e ,节点的转发概率为 p_j , j 为节点的能量分级, j 值越大,则转发概率越高。能效因子为 r ,用来表示两种策略下受影响的节点个数之比。则 Flooding 的转发总次数为:

$$\sum_{i=1}^N u(e) n_i \quad (1)$$

$$u(e) = \begin{cases} 1 (e > 0) \\ 0 (e = 0) \end{cases}$$

公式(1)中,函数 $u(e)$ 为单位函数。PB-Flooding 的转发次数为:

$$\sum_{i=1}^N p_j n_i \quad (2)$$

其中

$$\sum_{k=1}^J p_k = 1 \quad (3)$$

由于转发概率与节点所处的能量级别正相关,不失一般性,设

$$p_k = \frac{k}{\sum_{k=1}^K k} \quad (4)$$

公式(3)保证了PB-Flooding路由的成功率,公式(4)说明了转发概率正比与节点的剩余能量。设 r 为公式(2)与公式(1)的比值,因为 $u(e) > p_j$,明显地,(1) > (2),所以 $0 < r < 1$ 。由文献[16]知,当节点的移动模型采用 random waypoint model 时,节点的邻居节点个数大约为系统节点总数的 20% 左右。表 1 列出了不同的 N 及 p_j 时,两种广播策略受影响的节点个数的变化情况(假定节点的能量分级为 3 级,每一级的节点个数依次为总节点数的 1/6, 1/3, 1/2)。

由于目前 NS2 中将节点的能量分级设定为 3 级,所以文中采用 NS2 中的设置。每一级的节点个数可通过仿真结束时各节点所处的能量级别分别计算得出。节点的剩余能量由节点的初始能量、仿真时间的长短、节点的运动模型、流量模型、排队模型等多种因素影响,文中只给出了每一级的节点个数依次为总节点数的 1/6, 1/3, 1/2 时的 r 变化情况,其他情况类似,限于篇幅,在此不做赘述。

表 1 r 的变化情况

N	20	40	60	80	100	150
Flooding	20	40	60	80	100	150
$p_1=0.1 p_2=0.2 p_3=0.7$	7	14	21	28	35	53
r	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
$p_1=0.1 p_2=0.3 p_3=0.6$	6	12	18	24	30	45
r	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
$p_1=0.1 p_2=0.4 p_3=0.5$	5	10	15	20	25	38
r	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

3 仿真结果

以 NS2 作为实验的仿真平台,分别集成 Flooding 和 PB-Flooding 两种广播路由策略,比较它们在网络存活时间上的相对性能。实验所需的网络拓扑由 NS2 的 setdest 工具生成,节点的运行速率和初始位置均随机设置,在整个仿真时间内模拟出各节点的随机运行场景。整个实验场景的区域为 1000m × 1000m,仿真时间为 900s,节点运行的最大速率为 20m/s,停留时间为 0s,仿真场景的节点个数为 20, 40, 60, 80, 100, 150, 初始能量为 8 个能量单位。实验一共生成 60 种随机拓扑,每种情况对应 10 种,最后的数据为 10 种拓扑所产生数据的平均值。节点间的数据流由 cborgen 工具随机设置,分别随机产生 12 对、24 对、36 对、48 对、60 对和 90 对 udp 流,每个 CBR 包的大小为 512 个字节,每秒发送一个包,网络的初始连通度为 2/3,带宽为

2M,节点的发射半径为 250m。在这里选择较小的负载是因为这样更加有利于对源路由策略进行惩罚,从而能够更好地观察各种协议的性能优劣。实验中所用到的其他参数配置如下:信道和无线模型为 two-ray ground reflection model,队列模型为 PriQueue,队列长度为 50,MAC 层使用 IEEE 802.11 的 DCF(distributed coordination function)。

关于网络的存活时间,一般有两种度量方法。第一种是指第一个节点的死亡时间,即能量耗尽的时刻,第二种是指网络拓扑发生分裂的时刻,文中分别用图 1 和图 2 表示。

从图中可以看出,PB-Flooding 的网络的存活时间明显优于 Flooding 的网络存活时间。这是因为 PB-Flooding 协议针对节点所处的能量等级,采取不同的转发概率,这样一来,剩余能量较多的节点参与路由的概率较大,即使存在关键节点,由于这样的节点能量消耗较快,在后面的路由形成过程中,再次被选中的概率也较低,这样无形中就形成了一个基于能量轮循的路由策略,各个节点参与路由的机会较为平均,一方面延长了网络的存活时间,另一方面,也有利于维护节点的通信,提高网络的效率。而 Flooding 协议对收到的报文只是进行简单的转发,容易形成路由风暴现象,节点绝大部分的能量消耗在控制报文的传输上,能量消耗较快,网络利用率较低。

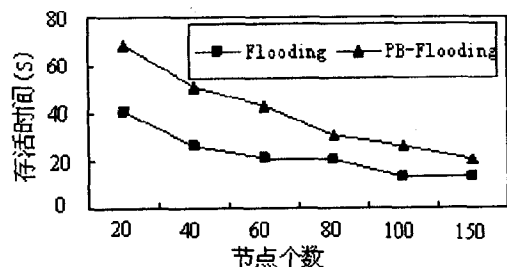


图 1 存活时间 vs 节点个数

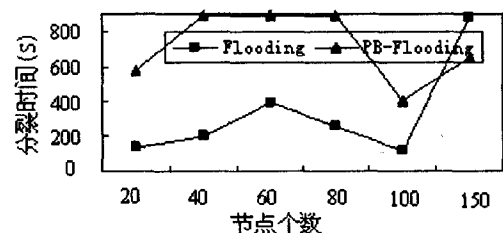


图 2 分裂时间 vs 节点个数

4 结束语

广播是研究自组织网络路由协议的一个重要分支,它对于改善系统的流量均衡有着重要的意义。文中基于经典的自组织网络广播路由策略 Flooding,结合能量模型,提出了一种新的广播策略 PB-Flooding。

仿真结果显示,优化后的 Flooding 具有较长的网络存活时间和较高的网络利用效率。同时,由于其策略简单、有效,可以在现有的路由协议上快速扩充,实用性较强。将其扩充到能量受限的 QoS 单播和多播路由协议^[17]里面,也是当前工作的一个方向。

参考文献:

- [1] 徐雷鸣, 庞博, 赵耀. NS 与网络模拟 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [2] Macker J, Chakeres I. Mobile Ad-hoc Networks (manet) [EB/OL]. 2008-10-13. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [3] Grossglauser M, Tse D N C. Mobility increases the capacity of ad hoc wireless networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), 2002, 10(4): 477-486.
- [4] Tseng Y C, Ni S Y, Chen Y S, et al. The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network[J]. ACM Wireless Networks, 2002, 8(2): 153-167.
- [5] Navarra A. 3-Dimensional minimum energy broadcasting problem[J]. Ad Hoc Networks, 2008, 6(5): 734-743.
- [6] 袁培燕, 崔金玲. 一种能量负载均衡的自组织网络多播路由协议[J]. 河南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 36(6): 37-39.
- [7] Tseng Y C, Ni S Y, Shih E Y. Adaptive approaches to relieving broadcast storms in a wireless multihop mobile ad hoc networks[J]. IEEE Transactions on Computers, 2003, 52(5): 545-557.
- [8] Parkinson B, Spilker J. Global Positioning System: Theory and Application[M]. US: American Institute of Astronautics and Aeronautics, 1996.
- [9] Ko Y B, Vaidya N H. Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks[C]//in: ACM MOBICOM, 1998. [s.l.]: [s.n.], 1998.
- [10] Niculescu D, Nath B. Position and orientation in ad hoc networks[J]. Ad Hoc Networks, 2004, 2(2): 133-151.
- [11] Bose P, Morin P, Stojmenovic I, et al. Routing with guaranteed delivery in ad hoc wireless networks[J]. Wireless Networks, 2001, 7(6): 609-616.
- [12] Kranakis E, Singh H, Urrutia J. Compass routing on geometric networks[C]//in: Proceedings of 11th Canadian Conference on Computational Geometry. [s.l.]: [s.n.], 1999: 51-54.
- [13] Moaveninejad K, Song Wen-Zhan, Li Xiang-Yang. Robust position-based routing for wireless ad hoc networks[J]. Ad Hoc Networks, 2005, 3(1): 546-559.
- [14] Intanagonwiwat C, Govindan R, Estrin D. Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks[C]//In: Pickholtz R. Proc. of the 6th Annual Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 2000: 56-67.
- [15] Heidemann J, Silva F, Estrin D. Matching data dissemination algorithms to application requirements[J]. In: Akyildiz I F. Proc. of the 1st Int'l Conf. on Embedded Networked Sensor Systems. New York: ACM Press, 2003: 218-229.
- [16] Camp T, Boleng J, Davies V. A survey of mobility models for ad hoc networks research[J]. Wireless Communication and Mobile Computing (WCMC): Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, 2002, 2(5): 483-502.
- [17] Li Layuan, Li Chunlin. A QoS-guaranteed multicast routing protocol[J]. Computer Communications, 2004, 27(1): 59-69.

(上接第 117 页)

- [1] 周志华, 王珏. 机器学习及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 259-275.
- [2] Vapnik V. The Nature of Statistical Learning [M]. New York: Springer, 1995.
- [3] Ge M, Du R, Zhang C C, et al. Fault diagnosis using support vector machine with an application in sheet metal stamping operations[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2004, 18: 143-159.
- [4] Guo G D, Li S Z. Content-based Audio Classification and Retrieval by Support Vector Machines[J]. IEEE Trans. on Neural Network, 2003, 14(1): 209-215.
- [5] 边肇祺, 张学工. 模式识别 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [6] Gunn S R. Support Vector Machines for Classification and Regression[R]. Britain: University of Southampton, 1997.
- [7] Cristianini N, Shawe-Taylor J. An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
- [8] 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报, 2000, 26(1): 32-42.
- [9] 杨旭, 纪玉波, 田雪. 基于遗传算法的 SVM 参数选取[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2004, 24(1): 54-58.
- [10] 周兆永, 汪西莉, 曹艳龙. 基于 GA 优选参数的 SVM 水质评价方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(4): 190-193.
- [11] Zhou Z H, Li M. Tri-training: Exploiting unlabeled data using three classifiers[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005, 17(11): 1529-1541.