

# 无线移动自组织网络中的定向广播算法

何建华 桑 巴 程文青 范 震

(华中科技大学电子与信息工程系 武汉 430074)

**摘 要** 在无线自组织网络(MANET)中,收集可靠的全局拓扑信息是不可行的。因此,在网络拓扑信息未知的前提下,广播成为 Ad Hoc 网络必不可少的通信方式。然而,由于无线信号在同一区域内很可能会重叠,直接用洪泛法进行广播将导致分组的过多转发、信道竞争和冲突,即广播风暴问题。为解决这个问题,现阶段提出的许多路由协议要么可到达性低,要么计算开销量大。本文提出了一种新型广播算法:定向广播算法,该算法减少了重传,获得了较高的可到达性,具有较低的能量和带宽消耗性能。

**关键词** Ad Hoc 网络,广播,定向广播

## Beamed Broadcasting in Wireless Mobile Ad Hoc Network

HE Jian-Hua SAMBA Sesay CHENG Wen-Qing FAN Zhen

(Dept. of Electronics & Information Eng., Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074)

**Abstract** In Wireless Mobile Ad hoc Network (MANET), collecting reliable global topology information is prohibitive. Thus without prior knowledge of network topology, Broadcasting provides an indispensable means of communication in Ad hoc networks. However, as radio signals are likely to overlap with others in a geographical area, straightforward broadcasting by flooding usually result in redundant retransmission, contention, and collision, referred to as broadcast storm problem. A number of routing protocols have been put forward recently to alleviate broadcast storm problem. But all of them either lack reachability and involve high computational overhead. This paper presents a Beamed Broadcasting Protocol that provides a new method of broadcasting with reduced retransmission, high reachability, and low power and bandwidth consumption.

**Keywords** Ad hoc wireless network, Broadcasting, Beamed broadcasting

## 1 引言

无线网络的主要优势在于移动性和灵活性。现有的无线网络的通信大多通过移动设备接入基站,再连入固定网络来实现,其缺点主要表现在对固定网络架构的依赖,这不仅限制了节点的移动性,更使得网络难以配置。因此,这种网络不适合快速临时组网以及特殊环境的要求。无线移动 Ad Hoc 网络(MANET)由一组具备自组织能力的移动节点组成,它不需要固定的有线设备的支持和中心控制管理。但由于无线传播距离的限制,当两个节点不能直接通信时,需要通过一个或者多个中间节点进行通信,因此,MANET 是一个多跳网络,其中的每个节点都可以作为路由器进行数据转发。

在 MANET 网络中,保持数据分组的可到达性和网络一致性是一个非常关键的问题。在解决该问题方面,Ad Hoc 网络路由承受的大量负担影响了带宽和能量使用。尽管 Ad Hoc 网络路由逐步由表驱动方式转变为按需驱动,使得路由信息只需要在必要时才会计算出来,降低了额外负担,但是其路由发现过程通常仍是运用洪泛法实现。在大型网络中,使用一次洪泛法广播将产生大量冗余转发,而且邻近节点的转发很可能同时发生,这必然导致信息冲突和信道争用,即导致广播风暴问题<sup>[1]</sup>产生。

为了解决广播风暴问题,目前已经提出了三类改进广播算法<sup>[2~4]</sup>:基于概率方法,基于面积方法和基于邻居信息方

法。这几种广播方法的主要区别在于节点如何估计冗余以及如何积累信息来作出转发决定。基于概率方法是通过对网络拓扑的了解,对一个节点得到一个转发概率;基于面积方法假定节点有相同的发送范围,同时一个节点只在转发可以达到足够的附加范围才会转发;基于邻居信息方法通过使用 Hello 分组对邻居节点的信息保持,并通过这个信息选择一个最小的集合来转发。

多数基于概率和基于面积的方法可能会丢弃一个非冗余的转发数据分组。当某个非冗余的转发数据在最初几跳被丢弃,这种不利影响将会扩大到后面很多跳,致使不能到达的节点数也随之增加,因而使用这些方法很难达到与洪泛法相当的可达性。另外,基于邻居信息的方法由于有大计算量的消耗和较大分组来携带位置信息和其他的编码信息,因此也没有很好解决广播中的问题。

本文提出的新型广播算法——定向广播算法,较好地解决了广播风暴问题,在达到较高可达性的同时,优化了带宽及能量使用。

## 2 算法基本模型

在实际应用中,结合全球定位系统(GPS)或者运用其他基于网络的获得位置信息的方法,网络中的每个节点能够知道本地位置信息。在邻居节点位置信息帮助下,任一节点都可以计算出它与相邻节点之间的方向角和相对于每一个邻近节

何建华 博士,副教授,主要研究领域为无线通信、服务质量及接入控制算法以及多媒体编码和传输;桑 巴 博士研究生,主要研究领域为无线自组织网络算法;程文青 副教授,硕士生导师,主要研究领域为计算机网络、数据通信和现代数字信号处理技术;范 震 硕士研究生,主要研究领域为无线通信接入算法。

点的距离<sup>[6~7]</sup>,并在其本地路由表中记录这些信息。

假定某个节点  $A(X_A, Y_A, \theta_A)$ , 它的邻居集合为  $F = \{(X_1, Y_1, \theta_1), (X_2, Y_2, \theta_2), \dots, (X_n, Y_n, \theta_n)\}$ , 其中  $X, Y$  表示节点在所处环境中的平面坐标值,  $\theta$  表示该点所处的方向角, 邻居节点的位置信息包含在 Hello 信令中, 则  $A$  节点可以通过邻近节点周期性的 Hello 信令发布过程获取到必要的位置信息。此时,  $A$  将计算出它相对于某个邻节点  $I$  的方向角  $M_i$ :

$$M_i = (\theta_A - \theta_i)$$

以及相对距离  $d_i$ :

$$d_i = \text{sqrt}\{(X_A - X_i)^2 + (Y_A - Y_i)^2\}, \forall i \in F$$

如图 1 所示, 定向广播算法进行数据转发的过程描述如下: 当节点  $A$  从某个邻近节点  $I$  处接收到一个广播包,  $A$  等待一个延时  $T$ , 在这段时间里将监听是否有同样的广播包从其他邻居节点过来, 如果收到重复分组, 便丢弃之。在监听期间接收重复分组数目不能超过门限值  $C_h$ , 如果在  $T$  时间内超过  $C_h$  值, 或者  $T$  时间已过,  $A$  节点将检查该数据分组的  $TTL$  值是否为零, 如果  $TTL$  为零, 则丢弃该分组, 不再进行转发, 否则立即将其转发给在范围  $\sum \frac{M_i}{c} + (180 \pm \theta_c)$  内的节点, 其中  $T$  是与  $d_i$  的平方成反比的一个随机值,  $c$  是  $A$  听到同样的广播包的次数,  $\theta_c$  是预期转发方向角。

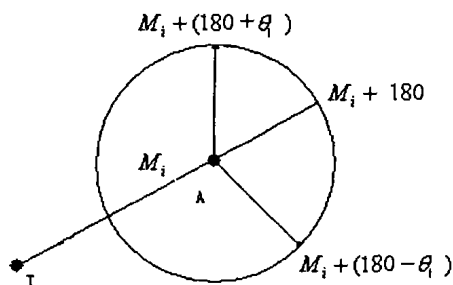


图 1 节点  $A$  从  $I$  节点收到一个广播包, 再进行转发示意图

## 2.1 分析转发方向角 $\theta_c$

$\theta_c$  是根据预计的广播信息覆盖范围来估计。在文[1]中, 我们可以看到接收到一个广播包的最大和平均覆盖范围分别是  $0.61\pi r^2$  和  $0.41\pi r^2$ 。由基本的几何运算可以得到方向角的角度范围如下:

因为: 扇区面积  $\propto$  给定的角度值, 设定  $\pi r^2 = 360^\circ$ , 则

$$0.61\pi r^2 = 0.61 \times 360^\circ = 219.6^\circ,$$

$$0.41\pi r^2 = 0.41 \times 360^\circ = 147.6^\circ;$$

所以: 最大的和平均的方向角分别是:

$$\theta_c = \theta_{\max} = \frac{219.6^\circ}{2} = 109.8^\circ, \theta_c = \theta_{\text{ave}} = \frac{147.6^\circ}{2} = 73.8^\circ$$

由于在等待时间内可能接收到几个相同广播包的备份,

协议根据每一个新来的重复广播包使用指数衰减函数  $\theta_c = \theta_{0e} e^{-K}$  来更新其方向角, 其中  $C$  = 重传次数,  $K$  = 衰减率 =  $7.69 \times 10^{-1}$ ,  $\theta_0$  是一初始常数值  $159.25^\circ$ , 因此,  $\theta_c = 159.25e^{-0.769C}$ 。

## 2.2 分析延时 $T$

广播包从网络层被调度到媒体接入层时, 将会等待一个随机时间, 进行信道接入。当某个邻居节点离发送节点越远, 它应该越早转发这个广播信息, 因此近节点可以有更多机会探测是否在多余地转发一个同样的广播包, 并可以取消这个转发操作。所以当节点  $A$  从节点  $B$  接收到一个广播包时, 等待时延  $T$  由下式计算得到 (假定所有的节点均匀分布):

$$T = \text{RAD}_{\max} \times \left( \frac{R^2 - d_{AB}^2}{R^2} \right)$$

其中,  $\text{RAD}$  为一个随机数值,  $R$  为传输半径,  $d_{AB}$  是传输距离。

## 3 仿真结果与分析

本文用 ns-2 仿真器<sup>[8]</sup>和它的无线扩展部分来进行仿真实验。仿真环境设置了一个  $2500 \times 1000$  的虚拟运行环境, 仿真时间为 500s。信道的数据传输率以及传输半径分别设为 2Mbps 和 250m。在仿真开始时, 每个节点都会等待一个停留时间之后, 将会以 5m/s 的最大速率进行随机移动。其中一个被标识的节点将会以每秒 4 个数据包的速度开始全向广播数据。根据协议要求的不同, 每一个收到广播分组的节点会进行数据重传或丢弃。在实验中, 我们变换节点的数量, 分别为 40、60 和 100, 并且在停留时间 (pause time) 分别为 0s 和 10s 的情况下进行考察。

我们通过仿真把定向广播算法与洪泛法和其他广播算法 (概率法、计数法和距离法) 进行了比较, 主要观察以下性能参数: 1) 转发次数: 总共的转发次数; 2) 可达性: 可接收到这个广播包的节点总数; 3) 带宽消耗: 在仿真时间内消耗的总带宽; 4) 能量消耗: 在仿真时间内发送和接收广播包所需能量总和。

图 2 显示了可达性与变化的节点数之间的关系。正如所期待的那样, 在仿真中, 不论设置哪一种广播协议, 可达性总是随着网络中节点数的增加而增加, 可达性与节点密度几乎成正比例关系。而且, 洪泛法具有最高的可达性, 其次就是我们的定向广播算法。其他基于概率、基于计数器以及基于距离的算法, 可达性都相对较低。另外, 从图中我们也看到, 当网络的变化速率发生变化时, 所有的可达性曲线都没有发生太大变化, 也就是说我们的定向广播算法和其他算法一样具有一定的一致性。

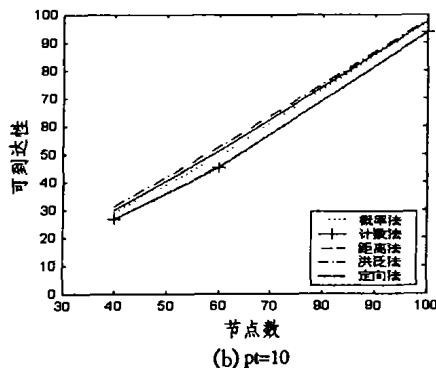
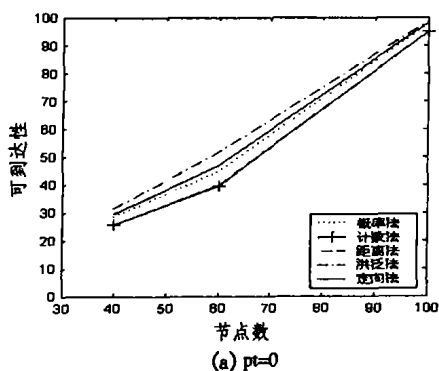


图 2 可达性与节点数之间的关系图

如图 3 所示,定向广播算法消耗能量最少,洪泛法消耗的网络能量最多,且除洪泛法之外的所有转播受限的方法都具有较低的能量消耗,这充分说明只有对数据分组转发进行一

定限制,才能节约网络资源,而我们所设计的限定策略无疑是这些方法中最好的。

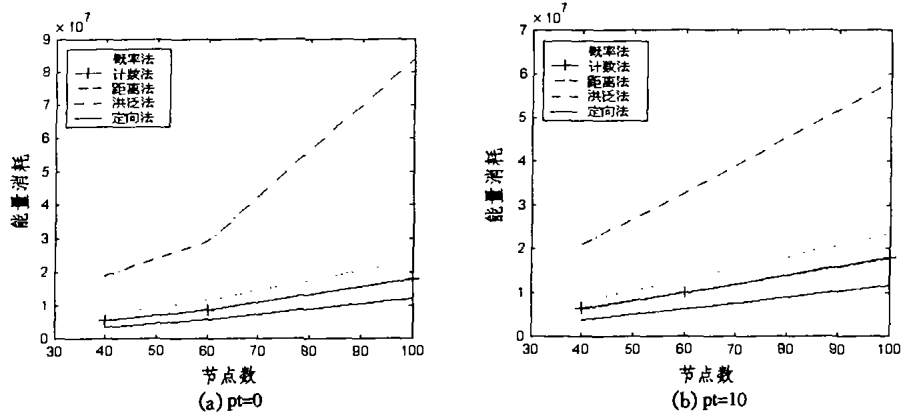


图 3 能量消耗与节点数之间的关系图

图 4 显示的带宽消耗曲线所表现出来的特性跟能量消耗曲线完全一样,并且在网络变化速率不同的情况下,带宽和能

量曲线都没有出现多少波动(除洪泛法之外)。

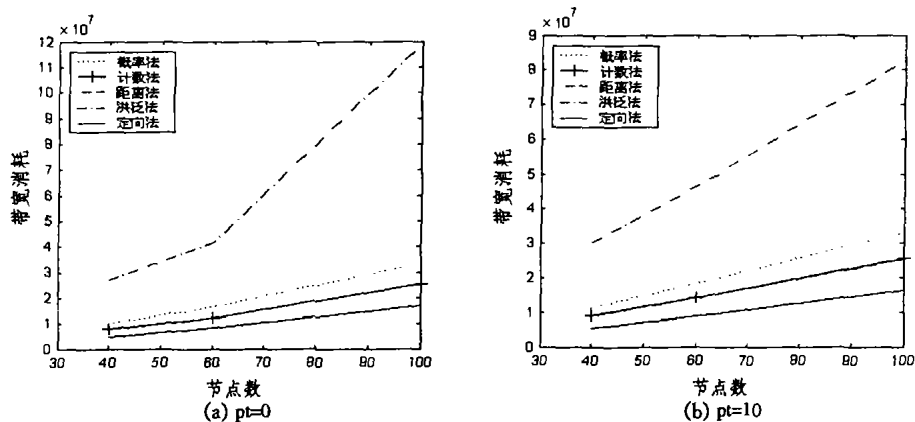


图 4 带宽消耗与节点数之间的关系图

值得注意的是,在以上性能曲线图示中,计数法和距离法的曲线都是重合的。

**结论** 本文提出了一种 Ad Hoc 网络定向广播算法,寻求减轻因为重传、竞争和冲突引起的广播风暴问题,尽量维持较高的可达到性能。该算法基于角度控制,更适用于有向天线配置情况。仿真结果和分析表明,定向广播算法在取得较高可达到性的同时,其能量和带宽消耗相对较低,具有较高的运行效率;在变化拓扑结构的网络中,同样表现出了稳定的特性性能,保持了较好的一致性。

## 参考文献

- 1 Ni S Y, et al. The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network. ACM MOBICOM, Aug. 1999. 151~162
- 2 Cartigny J, Simplot D. Border node retransmission based probabilistic broadcast protocols in ad hoc networks, Telecommunication Systems. Location Aided Broadcast in Wireless Ad hoc Networks. In: M. Sun, et al. Proc. IEEE GLOBECOM, Nov. 2001
- 3 Qayyum A, Viennot L, Laouiti A. Multipoint relay: An efficient technique for flooding in mobile wireless networks. [INRIA research report RR-3898]. 2000
- 4 Williams B, Camp T. Comparison of broadcasting techniques for mobile ad hoc networks. In: Proc. of the Third ACM Intl. Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing (MobiHoc), 2002. 194~205
- 5 Ko Y B, Shankarkumar V, Vaidya H H. Medium access control protocols using directional antennas in ad hoc networks. Mar. 2000, 1:13
- 6 Nasipuri A, Ye S, You J, Hiromoto R E. A MAC Protocol for Mobile Ad Hoc Networks Using Directional Antennas. Sep. 2000. 23~28
- 7 Krishnamachari B, Wicker S B, B'ejar R. Phase transition phenomena in wireless ad-hoc networks. In: Proc. of the Symposium on Ad-Hoc Wireless Networks (GlobeCom2001), Nov. 2001
- 8 Fall K, Varadhan K, et al. ns notes and documentation. 1999. Available at: <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/>