

# 一种考虑节点剩余能量及其消耗率的 Ad Hoc 组播路由算法

## A Multicast Routing Algorithm for Ad Hoc Networks Based on Residual Energy and Drain Ratio of the Nodes

刘毅<sup>1,2</sup>, 钟诚<sup>1</sup>

LIU Yi<sup>1,2</sup>, ZHONG Cheng<sup>1</sup>

(1. 广西大学计算机与电子信息学院, 广西南宁 530004; 2. 广西机电工程学校, 广西南宁 530001)

(1. School of Computer and Electronics and Information, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Guangxi Mechanical and Electronic Engineering School, Nanning, Guangxi, 530001, China)

**摘要:**基于移动 Ad Hoc 组播路由协议 ODMRP, 提出一种考虑节点剩余能量的同时加入节点消耗率的 Ad Hoc 组播路由算法(EDR\_ODMRP 算法), 并使用 NS-2.28 模拟器对 EDR\_ODMRP 算法和 ODMRP 协议进行仿真实验。相对于 ODMRP 协议, EDR\_ODMRP 算法提高了网络吞吐量和网络投递率, 延长了网络的生存时间, 使网络的整体性能得到了提高。

**关键词:** Ad Hoc 组播路由 ODMRP 剩余能量 流失率

**中图分类号:** TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2009)02-0098-03

**Abstract:** Based on mobile Ad Hoc multicast routing protocol ODMRP, an Ad Hoc multicast routing algorithm EDR\_ODMRP is presented by considering of residual energy and energy drain rate of the nodes. The EDR\_ODMRP algorithm and ODMRP protocol are evaluated by NS-2.28 simulator. Compared with ODMRP protocol, the experimental result shows that EDR\_ODMRP algorithm can improve the network throughput rate and packets delivery ratio, prolong the network service life and upgrade the network performance.

**Key words:** Ad Hoc, multicast routing, ODMRP, residual energy, drain ratio

Ad Hoc 网络是一种特殊的没有有线基础结构支持的对等式无线移动网络。由于在移动 Ad Hoc 网络的应用中, 节点一般依靠电池供电, 但是电池的能量是一个有限的资源, 所以如何高效地利用节点有限的能量, 已经成为 Ad Hoc 网络路由协议设计的重要研究课题。现有的 Ad Hoc 组播协议按照路由策略分为两大类型<sup>[1]</sup>: 基于树(tree)的协议(比如 MADOV、ABAM)和基于网格(mesh)的协议(比如 ODMRP、PatchODMRP<sub>3</sub>) , 其中 ODMRP 协议是

自组网组播协议中性能较好的一个, 且具有吞吐量大、适合高速运动等特性。基于 ODMRP 协议, 文献[2]设计一种路由策略, 通过计算节点的剩余能量与当前传输能量消耗的比值来估算节点的使用寿命; 文献[3]提出一种混合路由算法: 当网络中节点有充足的剩余能量时, 选择能量花费最小的路径; 当网络中节点的能量值低于某一阈值时, 则采用最大化网络生命期的策略。上述算法都没有在考虑剩余能量的同时考虑到节点在活动状态时所消耗的能量, 针对这种情况, 本文提出考虑节点剩余能量的同时加入节点的消耗率的 Ad Hoc 组播路由算法(称之为 EDR\_ODMRP 算法), 以有效地降低并均衡 ODMRP 路由协议的能量消耗, 延长网络的生存时

收稿日期: 2009-01-19

作者简介: 刘毅(1980-), 女, 讲师, 主要从事网络与并行分布计算研究。

间,提高网络的吞吐量。

### 1 算法关键参数

用  $EDR_i$  表示节点  $n_i$  在  $t$  时刻的能量流失率。我们采样 3 个相继时刻  $t_{i-2}, t_{i-1}, t_i$  的能量流失率,分别为  $E(t_{i-2}), E(t_{i-1}), E(t_i)$ , 定义节点  $n_i$  的剩余能量消耗率  $EDR_i$  为:

$$EDR_i = \alpha EDR_i^{2T} + \beta EDR_i^T,$$

$$EDR_i^{2T} = \frac{E(t_{i-2}) - E(t_i)}{2T}, EDR_i^T = \frac{E(t_{i-2}) - E(t_{i-1})}{T},$$

其中  $\alpha, \beta \in (0, 1)$  表示对节点  $n_i$  的当前能量消耗率的影响因子,  $T$  为采样周期。

令  $RB_i$  为节点  $n_i$  当前的剩余能量。则节点  $n_i$  的寿命  $C_{v_i}$  为:

$$C_{v_i} = \frac{RB_i}{EDR_i}.$$

设有网络路由为  $r_i = n_s, n_1, n_2, \dots, n_d$ , 其中  $n_s$  是源节点,  $n_d$  是目的节点, 则路由  $r_i$  的寿命  $C_{r_i}$  为:

$$C_{r_i} = \min_{n_j \in r_i, n_j \neq n_s, n_d} (C_{v_j}), \text{HopCount}(r_i) > 1.$$

### 2 EDR\_ODMRP 算法

EDR\_ODMRP 算法包括路由请求和路由应答两个阶段。

#### 2.1 路由请求算法

当一个组播源节点要发送数据到目的节点,它首先周期地向整个网络广播一个加入请求 (Join Request), 用来更新成员关系信息和路由。我们对 ODMRP 协议进行改进, 增加节点寿命信息。其中, EDR\_ODMRP 路由机制中的路由请求格式 (图 1) 包括源节点 S、目的节点 D、 $C_{r_i}$ 、路由请求序列号 Request Id。

SId	DId	$C_{r_i}$	Request Id
-----	-----	-----------	------------

图 1 路由请求格式

路由请求算法描述如下。

BEGIN

(1) 源节点向整个网络广播一个加入请求 Join Request。

(2) 当一个节点收到加入请求后, 查看是否是重复的加入请求, 如果是, 则丢弃; 如果是非重复的加入请求, 则它记录上游节点的 ID, 并比较  $C_{r_i}$  的值, 如果请求包里的值小于自己的  $C_{r_i}$  值, 则更新替换  $C_{r_i}$  的值, 并继续广播这个包。

(3) 当一个组播接收节点收到加入请求, 它在其成员列表中建立源节点记录, 如果是新的源节点, 则更新源节点记录。

(4) 进入路由应答算法。

END

#### 2.2 路由应答算法

加入应答 (Join Reply) 是在目的节点收到加入请求后开始传送的。EDR\_ODMRP 路由机制中的路由应答格式 (图 2) 包括目的节点 D、源节点 S、数据分组所要经过的路由 (Data Route)。

DId	SId	Data Route
-----	-----	------------

图 2 路由应答格式

路由应答算法描述如下。

BEGIN

(1) 目的节点的成员列表如果存在有效的记录, 检查收到的请求包里的  $C_{r_i}$  值, 选择最大的  $C_{r_i}$ , 周期性广播加入应答给邻居节点。

(2) 当一个节点收到加入应答, 它检查一个记录中的下一跳是否与自己的 ID 相匹配。

(3) 如果匹配, 则该节点知道它处于到达源节点的路径上, 它将 FG\_FLAG 标志置为 1, 广播它自己建立的加入应答。

(4) 加入应答将被路由寿命最长的节点所组成的转发组成员传播, 直到这些节点所组成的路由到达组播源节点。

(5) 这样一个从目的节点到源节点的路由就更新了, 并建立了节点的网络转发组。

END

EDR\_ODMRP 算法考虑了节点的剩余能量和节点活动状态的能量流失率, 并根据这两者的情况来改变路由选择机制, 从而避免了网络负荷在部分路段上的拥塞, 也使剩余能量较低的节点以较大的延迟接入到路由中, 从而平衡了网络中节点的能量消耗, 延长了网络的生存时间。

### 3 仿真实验

使用仿真实验软件 NS-2.28 模拟器对 EDR\_ODMRP 算法和 ODMRP 协议进行仿真实验比较。

#### 3.1 仿真环境参数

区域: 1000m \* 1000m; 移动模型: Random Waypoint Mode<sup>[4]</sup>, 暂停 10s, 实验中节点移动速度采用 10m/s; 节点数量: 50; 物理层/MAC 层: IEEE802.11, 2Mbps, 250m 传播范围; 所有节点在模拟开始后 50s 就加入组播组, 源节点开始发送数

据,直到模拟结束;数据包发送率:10packets/s;包大小:512B;HELLO消息发送周期:3s;组播组数量2,每组6个接收者,移动速度对网络性能的影响实验中每个组内1个发送者;在移动速度对网络性能的影响实验中,模拟持续时间660s(网络寿命模拟900s)。

### 3.2 度量指标

网络投递率:接收节点实际收到的数据量与该节点应该接收到的数据量之比。网络吞吐量:所有目的节点接收的数据包之和。网络寿命(生存周期):网络中第一个节点死亡时间。

### 3.3 实验结果分析

图3的结果表明,在节点最大速度分别为0m/s、5m/s、10m/s、15m/s、20m/s的情况下,EDR\_ODMRP算法均比ODMRP协议具有更高的网络投递率。这是因为EDR\_ODMRP算法根据流失率动态调整路由,在一定程度上避免了网络拥塞,使得网络的丢包率有所减少。

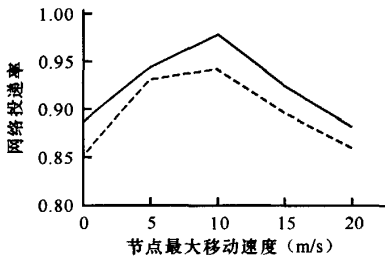


图3 网络投递率

—;EDR\_ODMRP;.....;ODMRP

图4和图5的结果显示,EDR\_ODMRP算法采用了基于节点剩余能量及流失率的办法,在网络吞吐量以及网络寿命方面,其性能比ODMRP协议有所提高,这充分说明EDR\_ODMRP算法在均衡节点能量上的改进。另外,在移动速度为10m/s的时候,两者都有最大的网络吞吐量和生存时间。

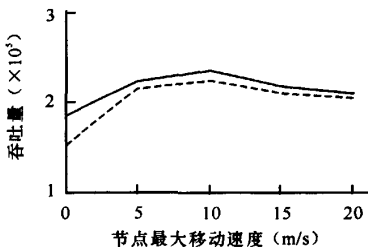


图4 网络吞吐量

—;EDR\_ODMRP;.....;ODMRP

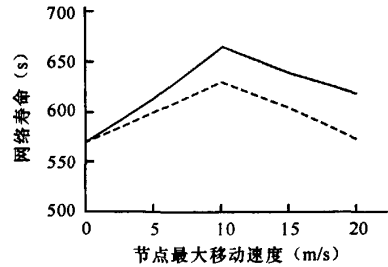


图5 网络生存时间

—;EDR\_ODMRP;.....;ODMRP

综上所述,EDR\_ODMRP算法的网络投递率、网络吞吐量以及网络生存时间等性能上优于ODMRP协议。

### 4 结束语

本文针对Ad Hoc网络节点能量有限、带宽宝贵的特点,在移动Ad Hoc组播路由协议ODMRP的基础上,提出一种基于节点剩余能量及其消耗率的组播路由算法。该算法能够有效防止网络拥塞,使网络中节点能量的消耗更加平均、负载更为均衡。仿真实验结果表明,与ODMRP协议相比,该算法的相关网络性能指标均有不同程度的提高。下一步的研究工作将是在设计Ad Hoc网络组播路由协议算法时,如何更合理地利用节点有限的能量以及更好地将节点的剩余能量与能量消耗率融合起来,以使得网络整体性能表现更佳。

#### 参考文献:

- [1] 刘莹,徐恪. Internet组播体系结构[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [2] Dongkyun Kim, Garcia-Luna-Aceves J J, Obraczka K, et al. Power-aware routing based on the energy drain rate for mobile Ad Hoc networks; proceedings of 11th International Conference on Computer Communications and Networks, Miami, USA, October 14-16, 2002 [C/OL]. [2009-01-15]. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8081/22349/01043126.pdf?arnumber=1043126>.
- [3] Toh C-K. Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in wireless Ad Hoc networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2001, 39(6):138-147.
- [4] 张行文,孙宝林. Ad Hoc网络移动模型研究[J]. 计算机工程与应用,2006,29:126-128.

(责任编辑:韦廷宗)