

MANET 能量与其他网络性能平衡路由协议

谭长庚, 张芝华, 王建新, 陈松乔

(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

(cgtan@mail.csu.edu.cn)

摘 要:提出了一种网络性能平衡估价函数,该函数考虑了节点通信过程中的通信信息,包括节点已成功传送的数据包数、掉包数、已发送的控制包数、路由发起次数、路由总跳数以及节点的剩余能量。基于该函数,设计了一种基于能量和其他网络性能参数平衡的路由协议——BEOP,该协议通过在网络中选择平衡估价函数值小于给定阈值的节点作为路由节点,从而得到一条网络性能较优的传输路径。仿真结果表明,该协议能够很好地平衡网络性能,与 DSR、MBCR 协议相比,BEOP 协议在网络平均时延、平均吞吐量、控制开销、丢包率、包成功发送率及网络生存时间等性能上都有较好的改善。

关键词:移动自组网;路由协议;网络性能平衡;平衡估价函数

中图分类号: TP393.04 **文献标识码:** A

A routing protocol with balancing energy and other network performance parameters for mobile Ad Hoc networks

TAN Chang-geng, ZHANG Zhi-hua, WANG Jian-xin, CHEN Song-qiao

(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

Abstract: This paper presented a Balance Evaluation Function (BEF) according to the communication information. BEF considers the history information of every node, including the packet numbers of data transmission, the dropped packet numbers, the control packet numbers, the selected route times and the hops of route. A new reactive Balance of Energy and Other network performance Parameters routing protocol (BEOP) for mobile Ad Hoc networks were presented. In this route scheme, the nodes of BEF value below a threshold were selected for route. The protocol can balance network performance. The simulation results show that BEOP can offer superior network performance compared with DSR and MBCR.

Key words: Mobile Ad Hoc Network (MANET); routing protocol; network performance tradeoff; balance evaluation function

0 引言

移动自组网 (MANET)^[1] 是一种不依赖于存在的固定网络设施,能够快速展开的自治的、多跳的网络结构,它由一组带有无线收发装置的节点组成,网络中的每个节点能够快速运动,并且同时具有主机和路由器的功能,具有建立方便快捷,灵活,不受网络基础设施的制约等特点。在需要固定网络设施支持的通信网络遭破坏后,这种分布式控制和无中心的网络结构由于具有较好的鲁棒性与抗毁能力,它能够维持剩余通信能力,确保重要的通信指挥畅通,因而可以用于救灾,国防战备等需要建立临时通信网络的环境中,具有广泛的应用前景。

1 相关的研究工作

设计 MANET 网络的一个重要问题是如何设计有效的路由协议。目前国内外许多专家学者在这方面做了大量的工作。如表驱动路由协议 DSDV^[2] 使用目的端序列号来避免因使用过时路由而产生无效路径;按需驱动路由协议 AODV^[3],

DSR^[4] 都是以最小跳数来选择路由;混合性路由协议 ZRP^[5] 是一个结合表驱动和按需路由的混合型协议,网络中的所有节点都有一个以自己为中心的虚拟区,区内使用表驱动,区间则用按需驱动;分层路由协议 OLSR^[6]、CBRP^[7] 通过利用簇、群的结构减少参与路由计算的节点来限制洪泛,增加网络的扩展性,减少了通信开销。这些协议考虑了端到端延时、吞吐量、路由稳定性等网络性能参数,但是,很少涉及到节点能源的问题,忽略了网络的生存时间。

S. Singh 等人提出在 MANET 路由协议中必须考虑节能策略^[8]。MTPR (The Minimum Total Transmission Power Routing)^[9] 试图在一对节点之间选择一条总能耗最低的路由。MBCR (Minimum Battery Cost Routing)^[8] 是利用剩余能量的倒数和来找到一条剩余能量最大的路径作为路由路径。MMBCR (Min-Max Battery Cost Routing)^[8] 考虑在每条可用的路径上,找到一些能量残余最小的节点,选择具有最大剩余能量的节点所在的路径。CMMBCR (Conditional Max-Min Battery Capacity Routing)^[10] 既考虑了路径上的能量消耗总量,又考虑了节点的能量剩余情况。然而,这些协议更多的是考虑如何尽可能地节省节点的能量,以最大限度地利用节点

收稿日期:2006-11-21;修订日期:2007-01-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60403032);教育部博士点基金资助项目(20060533057)

作者简介:谭长庚(1963-),男,湖南南县人,副教授,博士研究生,主要研究方向:移动自组网的路由协议、性能评价;张芝华(1981-),男,湖南衡阳人,硕士研究生,主要研究方向:自组网路由协议、性能评价;王建新(1969-),男,湖南邵阳人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:路由算法、网络性能评价;陈松乔(1940-),男,湖南长沙人,教授,博士生导师,主要研究方向:软件工程、计算机网络。

能量为衡量网络性能的主要标准,但牺牲了网络的其他性能。

目前,国内外有许多专家学者在路由协议方面做了大量工作,但已有的协议在改善网络部分性能参数时往往同时会以牺牲其他性能作为代价。要么只是考虑了端到端延时、吞吐量、丢包率、控制开销和包成功发送率,要么只是考虑如何最大限度地节省能源、延长节点的使用寿命,很少有对网络的整体性能进行综合考虑。本文提出的协议,综合考虑了端到端延时、吞吐量、控制开销、丢包率、包成功发送率和能源使用等多方面的网络性能,在这些参数之间寻求一种平衡,以提高网络的整体性能。

2 网络模型

移动自组网可以抽象为一个由若干个节点组成的无向图 $G = (V, L)$, V 是节点的集合,对应相应的移动设备, L 是链路的集合。 $L = [i, j]$ ($i, j \in V$) 是 L 中的任一条链路。在模型中采用了如下假设:

- (1) 网络中每个节点都可以任意移动的;
- (2) 网络中不存在恶意节点,所有满足条件的节点都愿意与网络中别的节点通信并且可为别的节点转发数据包;
- (3) 网络中各节点的初始能量、发送功率、接收功率相同;
- (4) 不考虑网络中所有节点的机器能耗和驱动能耗。

2.1 节点模型

网络中每个节点维持以下信息:节点发送控制包数、节点掉包数、节点的发起路由数、节点路由路径总跳数、节点转发的数据包数。我们把节点状态分为:空闲态、死亡态、发送数据包态、接收数据包态四种状态。

2.2 能量模型

网络中能量的损耗主要分为机器能耗、驱动能耗以及传输能耗三种。在这里主要考虑进行网络操作的传输能耗,用如下公式表示:

$$C_i = \begin{cases} C_s + C_r + C_d, & \text{中间节点} \\ C_s + C_r, & \text{源节点} \\ C_r + C_d, & \text{目的节点} \end{cases} \quad (1)$$

其中 C_s 表示发送数据能源消耗, C_r 表示接收数据能耗, C_d 表示空闲等待时能耗。而这些能耗与时间有关,故它们可以用以下公式得到:

$$C_s = P_{st} \times T_s \quad (2)$$

$$C_r = P_{rt} \times T_r \quad (3)$$

$$C_d = P_{dt} \times T_d \quad (4)$$

其中 P_{st} 为发送功率; P_{rt} 为接收功率; P_{dt} 表示空闲等待功率; T_s 表示发送数据时间; T_r 表示接收数据时间; T_d 表示空闲时间。

在网络中,传送数据时间和接收数据时间与带宽和数据包大小有关。所以发送数据能耗与接收数据能耗可以用以下公式计算:

$$C_s = P_{st} \times (8 \times \text{PacketSize}) / \text{Bandwidth} \quad (5)$$

$$C_r = P_{rt} \times (8 \times \text{PacketSize}) / \text{Bandwidth} \quad (6)$$

在网络中节点如果没有死亡,会处于不同状态并进行相关的网络操作,要有效地延长网络生存时间及提高网络性能,必须把节点的剩余能量作为路由选择的一个重要指标,节点剩余能量的计算方法为:节点的剩余能量 = 节点的能量 - 能源损耗。

2.3 平衡估价函数

定义1 节点控制开销为 $C_e = \frac{N_e}{N_e + N_s}$, 其中: N_e 表示节点传送控制包数量, N_s 表示节点转发的数据包数。

定义2 节点丢包率为 $\rho = \frac{N_d}{N_s}$, N_d 表示节点的丢包数。

定义3 节点路由平均跳数为 $h = H/R$, H 表示节点的路由总跳数, R 表示节点发起的路由数。

定义4 节点剩余能量率 $\sigma = \frac{E_i}{E_m}$, E_i 表示节点的剩余能量, E_m 表示节点电池满能量。

在网络刚开始时,给每个节点的 C_e 、 ρ 、 h 一个相同的初始值。

定义5 节点平衡估价函数(Balance Evaluation Function, BEF)为: $F = (C_e \times \rho \times h) / \sigma$, 其中 C_e 、 ρ 、 h 、 σ 与上面定义的意义相同。

平衡估价函数 F 的值越小,表示当前节点的平衡估价函数性能越好,包含此节点的路由路径的能量、延时、控制开销、吞吐量、丢包率及稳定性都将有较好的结果; F 的值越大,表示当前节点的平衡估价函数性能越差,包含此节点的路由路径将不能保证整体网络性能地提高。

3 BEOP 协议

3.1 基本思想

BEOP 协议的基本思想是:记录每个节点在网络通信过程中的通信信息,根据这些信息来确定节点的平衡估价函数值,在路由选择时通过计算节点的平衡估价函数,选择那些平衡因子小于一个给定阈值的节点作为路由路径中的节点,从而得到一条网络性能较优的传输路径。

3.2 BEOP 协议描述

在 BEOP 协议中每个节点需要维护的数据结构有:

(1) 路由缓存:存储接到达目的节点的路由信息。每条记录由一个头指针、一个尾指针、目的节点 ID、路由路径四个部分组成;

(2) 节点信息缓存:存储本节点到其他节点 N 的相关信息。包括本节点到节点 N 最近一次路由请求发起时间、尝试重发 RREQ 的间隔时间、最近一次 RREQ 中的 TTL 值;

(3) 发送数据缓存:缓存因源节点没有到目的节点的路径而不能立即传送的数据,每个包被给定了一定的缓存时间,若超时,数据包将从缓存中删除;

(4) 重传数据缓存:缓存此节点发送的数据包,当收到下一跳节点的 ACK 或等待超时,删除缓存中的数据包;如果等待超时,节点将发送一个 RREQ 包。

3.2.1 路由发现

当源节点需要发送数据包且在它的路由队列中没有有效路径时,就调用路由发现过程。源节点广播一个路由请求(RREQ)消息,当节点接收到 RREQ 后,将执行以下操作:

```
if (本节点就是目的节点)
{ 向源节点发送路由应答(RREP)消息;
  删除该请求包,不再往前发送; }
else if (RREQ 已经接收过) 丢弃 RREQ;
  else if (RREQ 记录有本节点 ID)
  { 丢弃 RREQ; }
  else if (路由缓存有到目标节点的路径)
  { 反向向源节点 S 发送 RREP;
```

```

    删除该请求包,不转发;}
else
{ 计算本节点的平衡估价值;
  if (本节点 BEF 值小于阈值)
  { 将本节点 ID 加入 RREQ 记录的
    ID 序列;继续广播该请求包;}
  else { 丢弃 RREQ; }
}

```

当源节点收到第一个 RREP 时,将把路径加入到路由路径缓存表中,并不再接收 RREP 包。

3.2.2 路由维护

在 MANET 中由于节点的移动、网络拓扑结构的动态变化及能量和带宽的限制会导致路由失效。在 BEOP 协议中,若传输路径断裂,立即广播一个包含断裂链路的 RRER 包,网络中各节点从路由缓存表中删除与之相关的路由路径;与此同时路径的上游节点,将从路由缓存表中选择另一条新的路径继续发送数据,如果没有替代路径,此节点将向源节点发送一个 RRER 包,源节点将调用路由发现过程,重新建立路由。

4 仿真结果与分析

4.1 仿真环境与方法

本文的仿真是在 GloMoSim 中进行的。采用自由空间模型,所有节点在 $2000 \times 2000\text{m}^2$ 的平面矩形区域内随机分布,每个节点的移动速度在 $0 \sim 20\text{mps}$ 之间变化,暂停时间间隔为 50s ,初始能量为 3000mAh ,天线发射半径为 250m 。仿真在数据链路层使用 802.11 协议,在应用层采用 CBR 流源,以每秒 4 个的速率发送大小为 512B 的数据包,网络中含有 25 个 CBR 源。

在不同仿真场景下,重复做仿真 10 次,然后用算术平均得到相应的性能参数,在按不同仿真时间仿真时,节点个数为 100 个。

4.2 协议性能评价指标

本文采用的网络性能评价指标如下:

(1) 包成功发送率:目的节点接收到的数据包与 CBR 源节点发出数据包的比率;

(2) 平均端到端时延:从开始建立路由,一直到数据传送完毕所需的平均时间,用如下公式计算:

$$\text{Delay} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (rt_i - st_i) \quad (7)$$

其中 N 表示成功传输的分组数, rt 表示分组到达目的节点的时间, st 表示分组产生时间。

(3) 平均吞吐量:节点单位时间内在应用层接收的报文数量;

(4) 控制开销:控制数据分组占网络所有传送的分组的比例;

(5) 网络生存时间:在整个网络中第 1 个节点死亡的时间;

(6) 丢包率:丢失数据包数量占所发送数据包的比率。

4.3 仿真结果和性能评价

本文对 DSR、MBCR 和 BEOP 协议进行了仿真,分析比较了各协议的性能。

从图 1、图 2 可以看出 DSR、MBCR 和 BEOP 随着仿真时间的增加,包成功发送率和平均吞吐量呈上升趋势。MBCR 协议选择一条最小能量开销路径,所以它的成功发送率和平

均吞吐量要好一些,而 BEOP 协议考虑了节点的剩余能源,所以,包成功发送率和平均吞吐量比 DSR 要好,与 MBCR 较接近,而随着仿真时间的增大,BEOP 的包成功发送率和平均吞吐量都好于 DSR 与 MBCR。

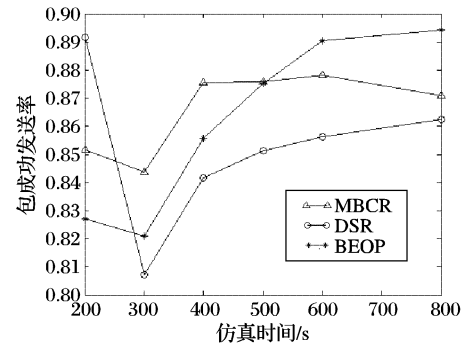


图1 包成功发送率变化情况

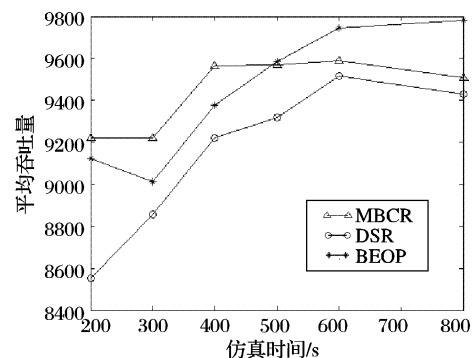


图2 平均吞吐量变化情况

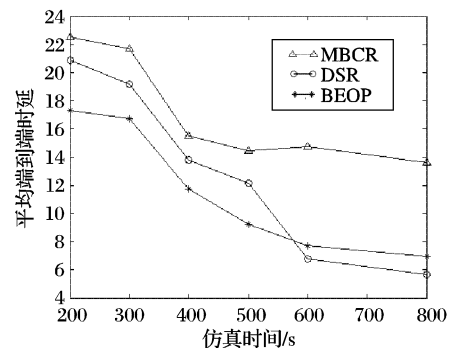


图3 平均端到端时延变化情况

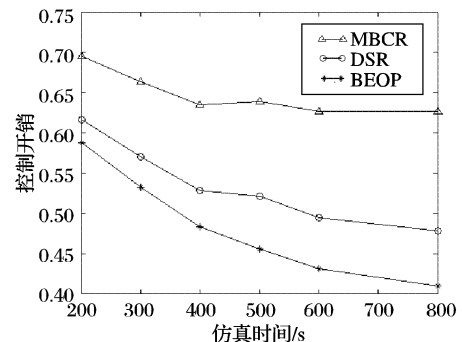


图4 控制开销变化情况

从图3、图4可以看出,由于在网络初始阶段需要建立路由,延时与开销都较大,随着仿真时间的增加,这些性能趋于稳定。由于 DSR 是采用最短路由所以平均端到端时延是最好的,而 BEOP 协议与 DSR 协议较接近。在控制开销上,由于 BEOP 协议利用了平衡函数作为选路标准,所以控制开销最小。

从图5、图6可以看出,MBCR 由于选择的是能源较大的路径,所以,它的丢包率和网络生存时间都较好;DSR 协议没有考虑能源问题,在这方面的性能最差,而 BEOP 协议与 MBCR 协议较接近。

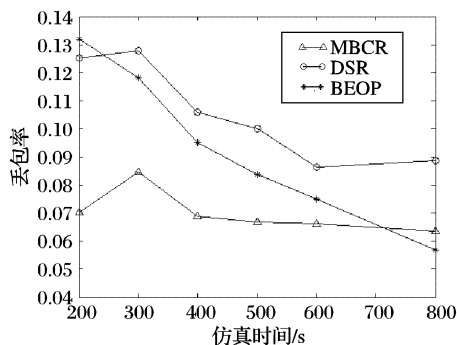


图5 丢包率变化情况

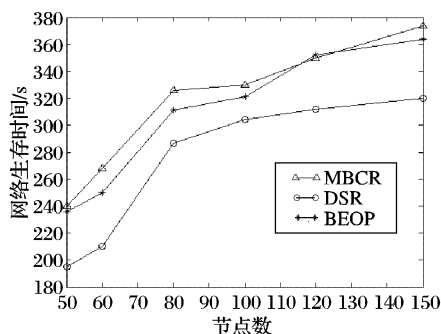


图6 网络生存时间

5 结语

本文提出了一种节点平衡估价函数 BEF,该函数利用了节点的历史信息,通过它能够找到网络中有较好性能的节点。基于节点的平衡估价函数提出了一种新的路由协议 BEOP,该协议能够使得多种网络性能参数都达到一个较好的指标。与DSR和MBCR协议比较,该协议在网络的平均时延、吞吐

量、控制开销、丢包率、包成功发送率及网络生存时间等性能上都有较好的改善。下一步的研究工作主要包括进一步优化平衡估价函数,并将之应用到组播路由中。

参考文献:

- [1] MACKER J, CORSON S. Mobile Ad Hoc networks (MANET) [EB/OL]. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>, 1997-10-10.
- [2] PERKINS CE, BHAGWAT P. Highly dynamic destination sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers [A]. Proceedings of ACM SIGCOMM'94 [C]. 1994. 234-244.
- [3] PERKINS CE, ROYER EM, DAS SR. Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-13.txt>, 2003-10-10.
- [4] JOHNSON DB, MALTA DA, YIH-CHUN HU. The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-09.txt>, 2003-10-10.
- [5] HAAS ZJ, PEARLMAN MR, SAMAR P. The Zone Routing Protocol for Ad Hoc Networks [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-zrp-04.txt>, 2002-10-10.
- [6] JACQUET P, MUHLETHALER P, QAYYUM A. Optimized Link State Routing Protocol [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-olsr-00.txt>, 1998-10-10.
- [7] JIANG ML, LI JY, TAY YC. Cluster Based Routing Protocol (CBRP) [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-cbrp-01.txt>, 1999-10-10.
- [8] SINGH S, WOO M, RAGHAVENDRA CS. Power Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks [A]. Proceedings of Mobicom'98 Conference [C]. 1998. 181-190.
- [9] SCOTT K, BAMBOS N. Routing and Channel Assignment for Low Power Transmission in PCS [A]. ICUPC'96 [C]. 1996. 498-502.
- [10] TOH CK. Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2001, (6): 138-147.

(上接第1069页)

系数,所以经ICA后得到的掩体对象系数的数量是不足以进行掩体对象还原的。

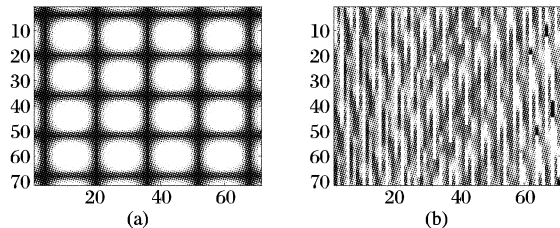


图7 经ICA提取后得到的图像

4 结语

基于ICA的作用,本文提出一种新的隐写提取算法,该算法的使用前提是在掩体对象中进行两次隐写嵌入,以确保ICA模型的可识别性。本算法在提取时只需要一个密钥,就可得到观测信号,利用观测信号,不需要掩体对象、嵌入对象等其他信息,便能有效地提取嵌入对象,随后的实验也验证了该算法的提取效果。提取过程中为得到两条观测信号,本文使用了真彩色图像作为掩体对象。怎样将该算法应用于任意类型的掩体对象,以及如何进行两次嵌入后隐蔽性达到最高

是即将要研究的问题。

参考文献:

- [1] 刘璐,孙建德.基于图像独立特征分解的数字水印方法[J].电子与信息学报,2003,25(9):1174-1179.
- [2] 黄静霞,许慰玲,沈民奋.基于独立分量分析的数字水印技术[J].计算机工程与科学,2004,26(11):42-46.
- [3] 刘璐,张新刚,孙建德.一种基于ICA的图像水印方法[J].电路与系统学报,2003,8(3):55-59.
- [4] NGUYEN TV, PATRA JC, CHAUDHARI NS. A novel digital image watermarking scheme using blind source separation [A]. International Conference on Image Processing (ICIP) [C]. 2004. 2649-2652.
- [5] 刘璐,孙建德,张新刚.基于ICA的数字水印的方法[J].电子学报,2004,32(4):657-660.
- [6] 王巍奇,付永生,李文明.一种基于快速独立分量分析的图像水印算法[J].信号处理与模式识别,2005,(1):10-12.
- [7] 杨福生,洪波.独立分量分析的原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2006.101.
- [8] 刘九芬,黄达人,王振武.信息隐藏算法中的去噪[J].中山大学学报(自然科学版),2002,41(5).