

无线多跳网络中基于声誉机制的可靠组播协议

许力, 蒋佳铭

(福建师范大学网络安全与密码技术重点实验室, 福建福州 350007)

摘要: 为了提高无线多跳网络中组播树的可靠性和提高组播效率, 提出了一种基于声誉机制的组播协议. 该协议在构建组播树时考虑了节点的声誉值, 从而将自私性节点排除在组播树之外, 使得构建的组播路径比较可靠. 仿真实验表明该协议可以用较低的代价有效地提高组播效率.

关键词: 无线多跳网络; 组播; 声誉机制; 可靠路由; 生成树

中图分类号: TP393.04 **文献标识码:** A doi:10.3969/j.issn.0253-2778.2011.10.014

Reliable multicast protocol based on reputation mechanism in wireless multi-hop networks

XU Li, JIANG Jiaming

(Key Lab of Network Security and Cryptology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: To improve the reliability of the multicast tree and the efficiency of multicast, a multicast protocol based on reputation mechanism was proposed. The protocol took into account reputation value of the nodes in constructing the multicast tree, thus excluding the selfish nodes from it, making the multicast path comparably reliable. Simulation results show that proposed protocol can significantly improving the efficiency of multicast at a lower cost.

Key words: wireless multi-hop network; multicast; reputation mechanism; reliable route; spanning tree

0 引言

无线多跳网络是由多个自治节点组成的分布式网络, 这种网络的正常运转需要各个自治节点之间的合作. 节点的协作弥补了无线网络中缺少基础设施的缺陷: 节点既进行路由操作, 又进行转发数据操作, 充当了基础设施的角色. 设计一个切实可行的协作路由协议的基本要求为, 网络中的所有节点都是无私的, 都愿意无条件为其他节点转发路由信息与数据包. 但是, 中央权威机构的缺失, 可能导致节点不总是按照协议的规定去行动. 这种不按协议规定行动的节点, 称为行为不良节点. 不良节点的影响是

非常大的, 研究表明, 当网络中 10%~40% 的节点表现出行为不端时, 网络的平均吞吐量将下降 16%~32%^[1].

如何解决节点的自私问题, 成为无线多跳网络领域的一个研究热点^[2-5, 7, 9-10]. 基于声誉机制的方案^[1, 4-5, 7, 9-10]通过收集每个节点的历史行为信息, 为每个节点维持一个声誉值. 协议通过节点的声誉值选择出合适的路由. 其中方案[6]通过流言机制改进了相关的策略并取得较好的收敛性. 基于价格的解决方案^[2-3]认为提供服务的节点应该获得报酬, 而接受服务的节点必须支付一定的费用. Wang 等^[2]提出的 LOTTO 方法, 有效地降低了协议在路由发现

收稿日期: 2011-04-28; 修回日期: 2011-07-05

基金项目: 国家自然科学基金(61072080), 福建省自然科学基金(2008J0014), 福建省高校产学研合作科技重大项目(2011H6008)资助.

作者简介: 许力(通讯作者), 男, 1970年生, 博士/教授. 研究方向: 无线网络与移动计算、网络安全和网络优化.

E-mail: xuli@fjnu.edu.cn;

阶段的开销,获得了比较高的包传输率和较小的端到端时延. Eidenbenz 等^[3]使用拓扑控制方法确定节点的传输功率,并对 Ad hoc-VCG 的支付方案进行修改,使源节点满足个人理性约束.

我们在前期的工作中初步提出了基于 Beta 分布的声誉机制^[6,8],并将其应用于簇状结构的无线 Ad Hoc 网络中,重点分析了声誉机制的收敛性和有效性.在本文中,我们将声誉值和诚实值进一步结合,特别是在综合声誉值生成和更新过程中,对第三方提供的声誉信息进行甄别,更加有效地将自私节点识别、分离出来,通过与组播的路径发现的数据发送过程结合,有效地提高了路由的可靠度和总体性能.

1 基于 Beta 分布的声誉机制

声誉机制,是指对整个网络系统中的各个节点之间声誉的建立、更新和整合的一系列方法的集合,其目的在于依据声誉的分布状况计算其声誉值,为节点下一步的网络行为授权与否提供决策依据.

1.1 直接声誉的计算

用 $F_{i,j}(\alpha_n, \beta_n)$ 表示节点 i 保存的关于节点 j 的直接声誉的先验分布函数^[6-7],服从 Beta 分布,初始值为 $(1, 1)$. $F_{i,j}$ 的更新取决于节点 i 是否观察到节点 j 进行了一项新的活动. $F_{i,j}$ 的更新如下:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= u\alpha_{n-1} + s_n \\ \beta_n &= u\beta_{n-1} + (1 - s_n) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, s_n 表示节点 i 观察到的节点 j 的第 n 次活动的结果;如果该次活动结果良好, $s_n = 1$; 否则 $s_n = 0$. u 代表遗忘因子.

为了保证节点存储的声誉值的时效性,在相应节点不活跃时,该节点对应的声誉更新如下:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= u\alpha_{n-1} \\ \beta_n &= u\beta_{n-1} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

1.2 综合声誉的计算

用 $R_{i,j}(\chi_n, \eta_n)$ 表示节点 i 保存的关于节点 j 的声誉分布函数,同样服从 Beta 分布. $R_{i,j}$ 值在如下两种情况下发生变化:一是节点 i 对 j 的直接声誉值 $F_{i,j}$ 进行了更新;二是节点 i 收到了其他节点发布的关于节点 j 的声誉报告 $F_{k,j}$,且 i 经过自己的判断认为 $F_{k,j}$ 是可信的.两种情况下分别按照式(3)和式(5)进行更新:

$$\left. \begin{aligned} \chi_n &= u^* \chi_{n-1} + s_n \\ \eta_n &= u^* \eta_{n-1} + (1 - s_n) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

当 $F_{k,j}$ 的更新是因为其不活跃引起的,则 $R_{i,j}$ 的更新也相应地由式(3)变为式(4):

$$\left. \begin{aligned} \chi_n &= u^* \chi_{n-1} \\ \eta_n &= u^* \eta_{n-1} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, u^* 为 $R_{i,j}$ 的遗忘因子.

$$\left. \begin{aligned} \chi_n &= \omega\alpha_k + \chi_{n-1} \\ \eta_n &= \omega\beta_k + \eta_{n-1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中, ω 为 i 使用 $F_{k,j}$ 对 $R_{i,j}$ 进行更新时赋予 k 的权重.令 $\omega = u^* T_{i,k}^*$.其中 $T_{i,k}^*$ 为节点 i 保存的关于节点 k 的诚实值,是由节点 i 根据其关于节点 k 的诚实概率分布计算得到的期望.

1.3 诚实值的计算、更新与节点的分类

用 $T_{i,k}(\lambda_n, \nu_n)$ 表示节点 i 中保存的关于节点 k 的诚实值的概率分布函数^[8]. $T_{i,k}$ 同样服从 Beta 分布,其初始值为 $(1, 1)$.为了更好地描述某个节点发布的间接声誉是否是可信的,不妨假设节点 i 当前存储的关于节点 k 的诚实分布为 $(\lambda_{n-1}, \nu_{n-1})$.当节点 i 每次接收到来自 k 节点的间接声誉 $F_{k,j}$ 时,首先对 $F_{k,j}$ 进行一致性测试,也就是判断 $R_{i,j}(\chi_{n-1}, \eta_{n-1})$ 与 $F_{k,j}$ 是否一致.具体方法为:计算 $|E(R_{i,j}) - E(R_{k,j})|$,用 ψ_n 表示测试的结果.如果计算所得值 $|E(R_{i,j}) - E(R_{k,j})| < d$,就判定 k 节点发布的声誉信息是可靠的,即 $F_{k,j}$ 可信, $\psi_n = 1$; 否则 $\psi_n = 0$. $T_{i,k}$ 更新如下:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_n &= u^* \lambda_{n-1} + \psi_n \\ \nu_n &= u^* \nu_{n-1} + (1 - \psi_n) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

式中, u^* 为遗忘因子,在 $[0, 1]$ 之间取值.在网络不活跃的时间,同样可以令 $\lambda_n = u^* \lambda_{n-1}$, $\nu_n = u^* \nu_{n-1}$.在协议中,不论节点 i 判定 k 是否为诚实节点,节点 i 都会执行一致性测试,并根据测试结果来更新 $T_{i,k}$.若 k 说谎,会导致它的 $T_{i,k}$ 降低;反之如果 k 发布的是可靠的信息,那么 $T_{i,k}$ 就会升高.

节点 i 根据下面两个式子对邻居节点进行分类:

$$\left. \begin{aligned} \text{不良节点, } R_{i,j}^* &= E(R_{i,j}) < t_0 \\ \text{良性节点, } R_{i,j}^* &= E(R_{i,j}) \geq t_0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{不诚实节点, } T_{i,j}^* &= E(T_{i,j}) < t_t \\ \text{诚实节点, } T_{i,j}^* &= E(T_{i,j}) \geq t_t \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

在声誉系统中,自私节点只有通过不断地为别的节点提供服务才能避开遗忘因子的影响,从而在网络中提升或保持自己的声誉值;而网络中的节点只为良性节点提供服务,从而在一定程度上激励了节点

的协作性,保障了网络中节点的可靠性.

2 组播路由设计

在本文的组播路由协议中,每个节点保存着其一跳邻居节点的声誉信息,如: $F_{i,j}$, $R_{i,j}$, $T_{i,j}$, $F_{i,j}^*$, $R_{i,j}^*$, $T_{i,j}^*$. 初始时, $F_{i,j} = R_{i,j} = T_{i,j} = (1, 1)$, 所以 $F_{i,j}^* = R_{i,j}^* = T_{i,j}^* = 0.5$.

2.1 虚拟共享路径构建

在组播路由设计中,为了节省网络资源、提高组播效率,通常采用的方法是尽可能使源节点到各个组成员节点之间的路由共享路径. 实现路径共享有许多方式,而构建各种各样的树也是一种有效的方式,如 Steiner 树^[10-11]. 而构建 Steiner 树是比较复杂的,在本文中采用虚拟最小生成树结构. 首先构建一棵仅包含所有组成员节点 $\{t_0, t_1, \dots, t_9\}$ 的最小生成树. 最小生成树的构建以节点之间的欧氏距离作为权值,如图 1 所示. 构建好最小生成树后,树中的每个父节点负责发现和维护与自己子节点之间的路由,如源节点 t_0 负责到目标节点 t_1 的路由的发现与维护, t_1 负责到 t_2 与 t_3 之间的路由的发现与维护.

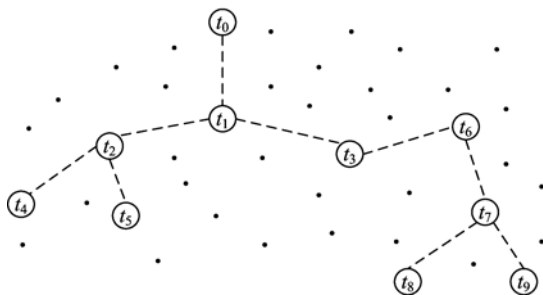


图 1 虚拟最小生成树示意图

Fig. 1 Diagram of virtual minimum spanning tree

2.2 路由发现过程

源节点向目标节点发送数据前,首先向邻居广播一路由发现请求包 (RDREQ). 周围邻居节点接收到一个 RDREQ 后,首先根据 $R_{i,j}^*$ 的值判断向自己发送 RDREQ 的邻居节点是不是良性节点:如果是不良节点,将该 RDREQ 丢弃,以此来惩罚节点的自私行为;否则,进一步判断,是否第一次收到该 RDREQ? 如是,将该 RDREQ 广播出去,并记录下向自己发送该 RDREQ 的上游节点;否则,将 RDREQ 丢弃. 这一过程一直持续到目标节点. 目标节点分别对来自不同的上一跳节点的 RDREQ 作出响应,即发送路由发现响应包 (RDREP). RDREP 中包含如下信息:通过当前节点到目标节点的可用能

量总和 (toPA)、通过当前节点到目标节点的路径上的最小可用能量 (miPA)、通过当前节点到达目标节点所需的跳数 (ϵ). 接收到 RDREP 的中间节点从回复 RDREP 的所有邻居节点中,选出可用能量 (Power) 最大的节点作为下一跳节点,将其连同目标节点记录在本地路由表中. 并将该节点所对应的 Power 与相应的 RDREP 中的 miPA 进行比较,如果比 miPA 小,则将 miPA 替换成该节点的 Power,同时,将 Power 加到 toPA 中, ϵ 加 1. 之后将更新后的 RDREP 转发给上游节点. 上游节点进行相似的操作,直到 RDREP 被传送到源节点. 源节点将所有的 RDREP 做成一个路由表,路由表信息如表 1 所示.

表 1 源节点路由表

Tab. 1 Routing table of source node

目标节点	下一跳节点	miPA	toPA	ϵ
t_1	N_1	100	1980	5
t_1	N_2	130	1000	7
t_1	N_3	200	1600	9
...
t_1	N_n	170	2000	6

由于无线多跳网络中的节点资源有限,为了防止资源过多消耗在路由表上,本文的仿真实验中把源节点到目标节点的路径数限制为 3.

2.3 数据传送与路由更新

假设经过路由发现过程后,在源节点建立了一张到达目标节点的路由表. 且该表共有 n 个条目. 源节点为了传送数据,依据下面的方法选择出一条合适的路由.

$$f_i = \omega_1 \times \pi_i + \omega_2 \times \rho_i + \omega_3 \times \gamma_i \quad (9)$$

式中,其中, ω_1 , ω_2 和 ω_3 为权重参数,满足 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$ 且 $0 \leq \omega_1, \omega_2, \omega_3 \leq 1^{[9]}$. 而 π_i , ρ_i 和 γ_i 定义如下:

$$\pi_i = \frac{\sum_{k=1}^n (\epsilon_k - \epsilon_i)}{\sum_{k=1}^n \epsilon_k} \quad (10)$$

$$\rho_i = \frac{\text{miPA}_i}{\sum_{k=1}^n \text{miPA}_k} \quad (11)$$

$$\gamma_i = \frac{\text{toPA}_i}{\sum_{k=1}^n \text{toPA}_k} \quad (12)$$

源节点选择 f_i 最大的路由条目所对应的路由,将数据包转发给对应的下一跳节点,并观察下一跳

节点的行为,根据其行为对其声誉进行评价更新.中间节点接收到一个数据包后,查看数据包包头,查找出数据包中的目的节点所对应的下一跳节点,将数据包转发出去,同样要对其下一跳节点的行为进行观察与评价.此过程直至数据包到达目标节点.目标节点接收到数据包后,向源节点给出一个确认包(DACK).当源节点收到来自目标节点的确认包时,根据式(13)和式(14)式修改路由表信息:

$$miPA_i = miPA_i - EnergyConsumption \quad (13)$$

$$toPA_i = toPA_i - EnergyConsumption * \epsilon_i \quad (14)$$

若在路由过程中,路径上的某个节点由于其不良行为导致自己的声誉值低于特定门限(被判断为不良节点),其上游节点将向源节点发送一个错误报告消息,告知源节点此路径不可用.源节点收到错误报告消息后,将相应的路由条目删除.当路由表为空,而源节点还有数据要发送时,重新发起路由发现过程.另外,在路由表建立使用过一段时间后,源节点也将重新发起路由发现过程.

路由的重新建立,势必会带来一些额外的开销.为了反映这一开销对系统性能的影响,我们定义如下衡量指标: $OER = P_{overhead} / P_{effective}$. 在这里, $P_{overhead}$ 是指为了建立路由而产生的能耗,在我们的协议中包括两个部分:①正常建立路由时的控制信息能耗开销;②源节点的路由表中没有可用路由时重新发起路由发现所需的控制信息能耗开销. $P_{effective}$ 是指被所有多播目标节点接收到的数据包能耗开销.

2.4 声誉评价阶段

在数据传送的过程中,中间节点(设为节点 i)根据是否监听到其下游节点(设为节点 j)为自己转发数据包,判断下游节点 j 所进行的行为的效果.如果中间节点 i 监听到自己的数据被转发了,就判断下游节点 j 进行了一次协作操作;否则,认为 j 进行了一次自私的行为. i 用式(1)更新直接声誉分布 $F_{i,j}$,同时用式(3)更新综合声誉分布,并将更新后的 $F_{i,j}$ 向邻居节点广播.

当中间节点 i 接收到其他邻居节点(设为节点 k)对节点 j 的声誉分布 $F_{k,j}$ 时, i 首先根据式(8)判断发布该信息的邻居是否是诚实的节点:若是诚实节点,则将 $F_{k,j}$ 用于式(3)更新 $R_{i,j}$;否则根据 $|E(R_{i,j}) - E(R_{k,j})| < d$ 判断 $F_{k,j}$ 是否可信.如可信,则根据式(5)更新 $R_{i,j}$,同时根据式(6)更新 $T_{i,k}$;若经判断 $T_{i,k}$ 为不可信,则只根据式(6)更新 $T_{i,k}$.

在每次更新综合分布后,当前节点 i 都会根据式(7)判断下游节点是否为良性节点,如果经判断,下游节点为不良节点,则向源节点发送一个报告信息.

算法 2.1 路由算法

ROUT($s, pack$)//This is a function for processing various types of packets.

```

s: the current node; pack: received packet;
{
iPack-Type, iForwarder ← Abstracting information;
switch(iPack-Type)
case RDREQ:
if (true == bBenign && false == bReceived)
if (s == iDestination) send RDREP-packet to
iForwarder;
else iForwarder ← s; Records ((iSource,
iDestination), iForwarder)
end if
else discards this packet;
end if; break;
case RDREP:
if (s == iDestination)
destination-node, next-hop, minPA, toPA,  $\epsilon$  ←
iSource, iForwarder, iMinPA, iToPA,  $\epsilon$ ;
else  $\epsilon + 1$ , iToPA += power;
if (power < iMinPA)
iMinPA = power; source, destination, nexthop
← iDestination, iSource, iForwarder;
end if
end if; break;
case DATA:
if (s == iDestination) sends DACK-packet;
else forwards DATA-pack to next hop node;
updates next hop node's reputation; broadcasts
UPDATE-packet to neighbors;
end if; break;
case DACK:
if (s == iDestination)
minPA -= ENERGY CONSUMPTION, to PA -=
ENERGY CONSUMPTION *  $\epsilon$ 
else forwards DACK-packet;
end if; break;
case ROUTFAILED:
if (s == iDestination) deletes related items;
if (0 == routnumber) sends RDREQ-packet;
end if

```

```

else forwards ROUTEFAILED-packet;
end if; break;
case UPDATE:
if iSource is an honest one, updates  $R_{s,j}$ 
else if iSource is trustable, updates  $R_{s,j}$  and  $T_{s,iSource}$ 
according to equation (5) and (6) respectively;
else updates  $T_{s,iSource}$  according to equation (6);
end if;
end if; break;
}

```

3 仿真实验与结果分析

采用 Visual C++ 6.0 进行系统仿真环境开发. 400 个节点随机部署在 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 的区域内. 在 400 个节点中, 随机选取 10 个节点构成组播组, 其中一个节点为源节点, 其余的节点为目的节点. 节点的发送半径为 80m. 实验按自私节点数分 12 组进行. 每组实验中, 自私节点数分别为: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130. 节点自私门限值均设定为 0.4, 各种遗忘因子 u 在区间 $[0.8, 0.9]$ 内取值^[8]; 式(3)~(7)中的参数 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, 取值分别为 0.3, 0.4, 0.3; 综合声誉值门限 t_0 及节点诚实门限 t_i 根据网络的类型灵活设定, 如可靠性要求较高的网络, 可设定较高的值, 而对可靠性需求较普通的网络, 可设定较低的值. 在每一组实验中, 分别随机产生 300 个拓扑, 针对每一组中的每一个拓扑, 源节点产生 100 个数据包; 在传送每一个数据包的过程中, 如果组播组中的任意一个目的节点没有接收到该数据包, 就称该数据包丢失. 丢失数据包的比率即为丢失的数据包总数占有所有数据包的比率.

从图 2 中可以看出, 随着不良节点数的增加, 构建组播树时采用声誉机制的方案 (MulWithRep) 的丢包率 LostPackWithRep 与没有采用声誉机制的方案 (MulWithoutRep) 的丢包率 LostPackWithoutRep 都迅速增加, 但 LostPackWithRep 的丢包率始终低于 LostPackWithoutRep 的丢包率. 两者的丢包率都随着自私节点数的增加而上升, 其原因在于当自私节点数量增加时, 多播树中包含自私节点的可能性也随着增大, 故数据包被成功传送到目的节点的概率降低, 即数据包被丢弃的概率上升. 另一方面, LostPackWithRep 的丢包率始终低于 LostPackWithoutRep 的丢包率是因为, 在 MulWithRep 中构建组播路径时, 考虑了节点的声

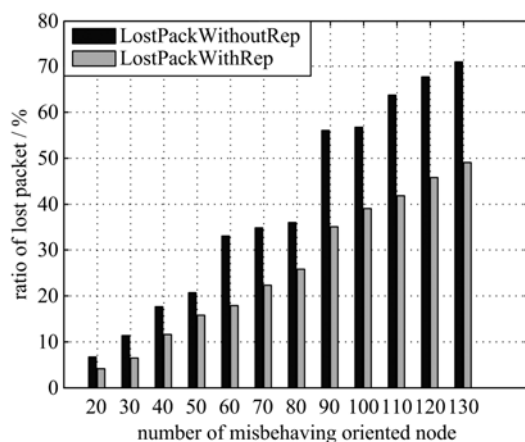


图 2 初始声誉值一致时丢包率与不良节点趋势图
Fig. 2 Tendency chart of ration of lost packet vs number of misbehaving nodes at the same initial reputation value

誉值, 仅选择声誉值高的邻居节点来构建路径, 而把声誉值低于门限值的自私节点排除掉. 网络刚开始运行时, 因为各个节点的声誉都为初始值, 都高于门限值, 所以 MulWithRep 所构建的路径上不可避免地存在一些自私节点, 从而造成了数据包的丢失. 但随着网络的运行, 网络中的每个节点根据直接声誉与间接声誉, 对每个邻居节点的声誉进行重新评价, 从而提高合作节点的声誉值, 降低自私性节点的声誉值; 当自私节点的声誉值低于不良节点门限值时, 构建路径时就会被排除在路径之外, 从而提高了所构建路径的可靠性, 进而达到可靠的组播的目的.

本文还将 MulWithRep 的 HopCntWithRep 与 MulWithoutRep 的 HopCntWithoutRep 进行了对比, 结果如图 3 所示. 在 MulWithRep 中, 算法为了将自私性节点排除在多播树之外, 可能必须绕过这些自私节点, 这样一来, 构建的多播树路径总长度 (连结所有组播成员的路径的路数之和) HopCntWithRep 就可能比 MulWithoutRep 构建的多播树路径总长度 HopCntWithoutRep 长. 但从图 3 可知, HopCntWithRep 与 HopCntWithoutRep 之间的差异很小, 是可以接受的.

如图 4 所示, 本文还对两种方案下由于重新构建路径而产生的额外能耗进行了仿真分析. 在图中, OER-Normal-WithRep 表示采用声誉机制的方案由于路由周期性固定更新而引起的能耗占有有效能耗比值, 它要比没有采用声誉机制的方案时路由周期性固定更新而引起的能耗占有有效能耗比值 OER-Normal-WithoutRep 小. 这是我们将自私节点排除在路径外, 提高了组播的可靠性, 进而提高了目

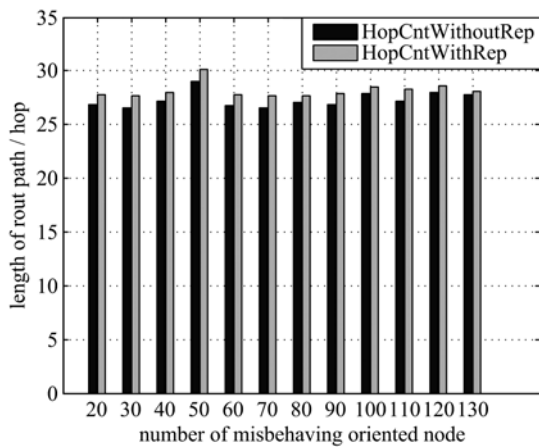


图 3 初始声誉值一致时路径长度对比图
Fig. 3 Comparison chart of path length at the initial reputation value

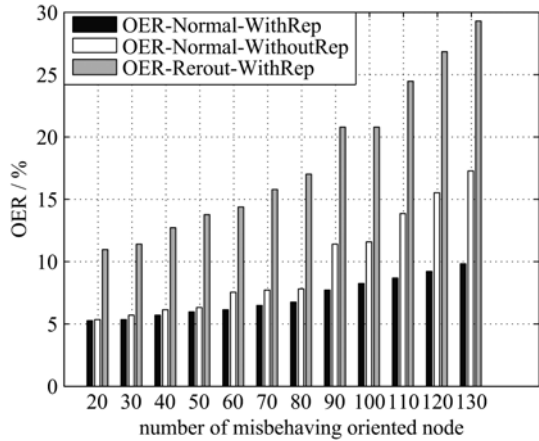


图 4 初始声誉一致时重建路由引起的额外能耗与有效载荷能耗比率对比图
Fig. 4 Comparison chart of extra energy consumption vs payload energy consumption when being rerouted at the same initial reputation value

标节点接收到组播数据的数量,也就是有效载荷提高了. 另外,图中的 OER-Rerout-WithRep 表示 MulWithRep 中路由周期更新与路由失效而引起的更新的总能耗与有效载荷比值,它要比 OER-Normal-WithoutRep 高出若干百分点. 但由于 MulWithRep 每次构建路由时都试图同时找出若干条路径,且只有当这些路径都失效时才重新路由,所以, OER-Rerout-WithRep 比 OER-Normal-WithoutRep 高出的值也不至于太大,而且,从无线网络要完成组播任务的角度来看,保证将数据包分发到目标节点是最重要的,所以这些额外开销是有意义的.

图 5,图 6 和图 7 所示为所有节点的初始声誉

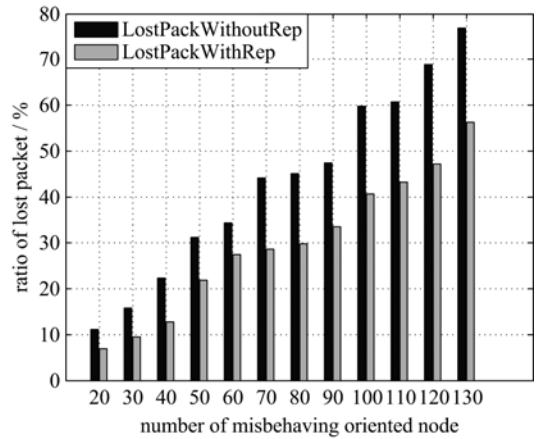


图 5 初始声誉值不一致时丢包率与不良节点趋势图
Fig. 5 Tendency chart of ration of lost packet vs number of misbehaving nodes at different initial reputation values

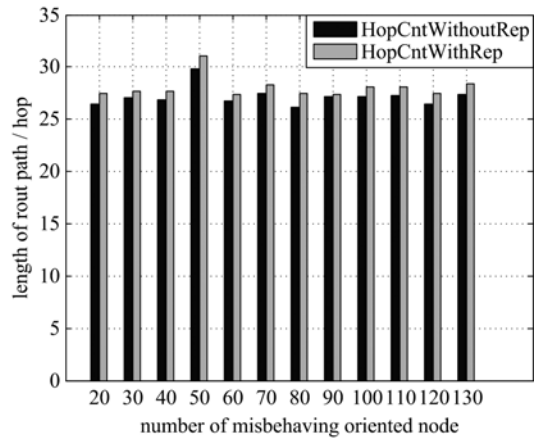


图 6 初始声誉值不一致时路径长度对比图
Fig. 6 Comparison chart of path length at different initial reputation values

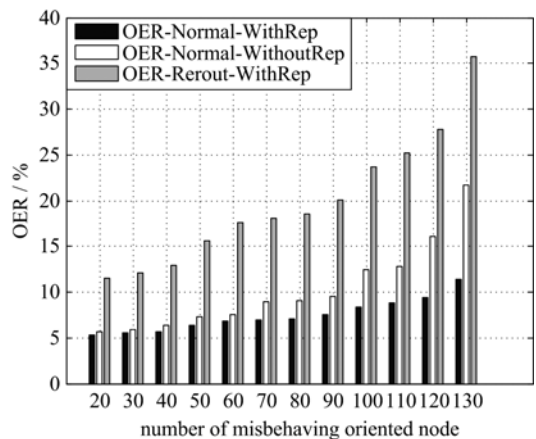


图 7 初始声誉不一致时重建路由引起的额外能耗与有效载荷能耗比率对比图
Fig. 7 Comparison chart of extra energy consumption vs payload energy consumption when being rerouted at different initial reputation values

值不一致时进行相同实验的结果. 从这 3 幅图可以看出, 这种方案的丢包率高于初始声誉值一致时对应的丢包率, 但丢包率与不良节点数之间的趋势却是基本一致的, 并且路径长度与不良节点数的趋势也一致. 另外, 周期更新路由与路由失效重建路由引起的额外能耗趋势也相一致.

4 结论

无线多跳网络因其广阔的应用前景和灵活的组网方式而越来越受到当今社会的重视, 而多播技术在一些应用场合中是必不可少的技术. 本文引入了基于 Beta 分布的声誉机制, 在构建组播树时, 利用节点的声誉值, 将自私性节点排除在组播树之外. 仿真实验表明, 利用声誉机制构建的组播树比较可靠, 而且由于引进声誉机制产生的负面效应(即路径长度增加)影响不大, 可以有效地提高组播的效率. 本文仅仅将信誉机制应用于单个组播组, 在一些实际应用场合中, 存在多个组播组的情形. 因此下一步我们将对本文的方案进行改进, 以适用于多个组播组的情形, 此外, 如何将信誉机制和容错机制相结合也是一个很有挑战性的研究课题.

参考文献(References)

- [1] Marti S, Giuli T J, Lai K, et al. Mitigating routing misbehavior in mobile Ad-Hoc networks [C] // Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2000: 255-265.
- [2] Wang Y W, Singhal M. On improving the efficiency of truthful routing in MANETs with selfish nodes[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2007, 3(5): 537-559.
- [3] Eidenbenz S, Resta G, Santi P. The COMMIT protocol for truthful and cost-efficient routing in Ad hoc networks with selfish nodes [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 7(1): 19-33.
- [4] Buchegger S, Munding J, Le Boudec J Y. Reputation systems for self-organized networks [J]. IEEE Technology and Society Magazine, 2008, 27(1): 41-47.
- [5] Liu Yining, Li Keqiu, Jin Yingwei, et al. A novel reputation computation model based on subjective logic for mobile ad hoc networks [J]. Future Generation Computer Systems, 2011, 27: 547-554.
- [6] Zhang Yihui, Xu Li, Shen Jinbo. Reputation propagation and agreement in Ad Hoc networks based on gossiping [J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2009, 25(2): 28-31.
张依惠, 许力, 沈金波. 基于流言机制的 Ad Hoc 网络声誉传播与收敛 [J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2009, 25(2): 28-31.
- [7] Buchegger S, Le Boudec J Y. A reputation system for P2P and mobile Ad-hoc networks [C] // Proceedings of P2PEcon 2004. Cambridge: Harvard University, 2004.
- [8] Xu li, Zhang Yihui. New reputation-based trust management strategy for clustered Ad Hoc networks [C] // Proceeding of the International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing. Washington, DC: IEEE Computer Soc, 2009: 116-119.
- [9] Cayirci E, Nguyen S T, Rong C. Secure many to many routing for wireless sensor and actuator networks [C] // Proceedings of the 2nd International Conference on Security of Information and Networks. New York: ACM, 2009: 172-178.
- [10] Wu S, Candan K S. GMP: Distributed geographic multicast routing in wireless sensor networks [C] // Proceedings of the 26th IEEE International Conference on Distributed computing Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 49.
- [11] Wang Jianping, Jia Dongyao, Zhou Xianwei. Research on virtual-Steiner-tree based multicast routing of wireless sensor networks [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2008, 21(11): 1 896-1 899.
王建萍, 贾东耀, 周贤伟. 基于虚拟 Steiner 树的无线传感器网络组播随机路由协议研究 [J]. 传感技术学报, 2008, 21(11): 1 896-1 899.