

文章编号:1001-9081(2008)01-0007-02

基于蚁群优化的路由算法

王合义^{1,3}, 丁建立^{1,2}, 唐万生¹

(1. 天津大学 系统工程研究所, 天津 300072; 2. 中国民航大学 计算机科学与技术学院, 天津 300300;

3. 天津市教育教研室, 天津 300200)

(wanghy@tjy.net; jianliding@yahoo.com.cn; tang@tju.edu.cn)

摘要:针对移动自组网提出了一种基于蚁群优化的路由算法,该算法很好地利用了蚁群算法的自适应性,能有效地承载移动自组网的负载。在 NS-2 平台下的算法仿真表明,该算法在移动自组网环境下表现了较好的性能,从吞吐量、平均延迟、传送率三个指标比较来看,比 AODV 和 DSR 的性能都要好。

关键词:蚁群优化算法;移动自组网;重负载路由;蚂蚁路由算法

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

Routing algorithm based on ant colony optimization

WANG He-yi^{1,3}, DING Jian-li^{1,2}, TANG Wan-sheng¹

(1. Institute of Systems Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. College of Computer Science & Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

3. Tianjin Teaching and Research Department, Tianjin 300200, China)

Abstract: This paper presents an approach bases on ant colony optimization route algorithm of mobile Ad Hoc networks. It can effectively bear network load in Ad Hoc networks by using the self-adaptability of that ant colony algorithm. The simulations in NS-2 show that it performs very well on Ad Hoc environments, especially in throughput, average latency, and delivery ratio. The performance is better than that of Ad Hoc On-demand Distance Vector routing (AODV) and Dynamic Source Routing (DSR).

Key words: ant colony optimization; Mobile Ad Hoc Network (MANET); heavy load routing; ant routing algorithm

移动自组网 (Mobile Ad hoc Network, MANET) 是一种灵活的网络,由于节点的移动性,在移动自组网中经常发生频繁的网络拓扑变化,路由就显得尤为重要,它已成为移动自组网中一个非常具有挑战性的课题。

蚁群优化方法 (Ant Colony Optimization, ACO) 是近年来提出的一种源于大自然的仿生类算法。它主要是通过蚂蚁群体之间的信息传递而达到寻优的目的,其原理是一种正反馈机制,具有很好的自适应性。很多学者尝试将其应用于各种网络之中,如利用蚂蚁智能代理进行网络管理^[1,2]。

本文针对移动自组网提出了一种基于蚁群优化的路由算法,并在 NS-2 平台下进行了仿真实验。

1 移动自组网中的路由算法

在移动自组网中,路由协议的设计和实现是其研究的核心问题。移动自组网的路由协议大体上可以分 Pro-active 路由协议和 On-demand 路由协议两种。Pro-active 路由协议又称为表驱动路由协议,其特点是时延较小,但开销较大;On-demand 路由协议是一种当需要发送数据时才查找路由的路由算法,其特点是开销较小,但是数据分组传送的时延较大^[3,4]。

1.1 DSDV

DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector routing)^[5,6] 是一种 Pro-active 路由协议,其显著优点是避免了路由环路并

解决了收敛问题。在 DSDV 中,网络中的每个节点都会保存一个全局路由表的数据结构,路由表更新有两种方式:一种是全部更新;另一种方式是增量更新。路由表记录着所有可能到达的目的节点和经过的跳数,同时也包含下一跳的节点和目的地序列号,主要用于判别路由是否过时,并防止路由环路产生,每个节点周期性与邻居节点交换路由信息。

1.2 DSR

DSR^[7,8] 是一种 On-demand 路由协议。在 DSR 中,每个分组的分组头中包含了源节点到目的节点的整条路由信息。它采用路由缓存技术,用于存储源路由信息,当学习到新的路由时则修改路由缓存内容。源路由的主要优点是数据包自身就带有所有的路由信息,因此中间节点不需要维护更新转发数据包的路由信息。DSR 主要包括两个过程:路由发现和路由维护。当节点 S 向节点 D 发送数据时,它首先检查缓存是否存在未过期的到达目的节点的路由,如果存在,则直接使用可用的路由,否则启动路由发现过程。

1.3 AODV

AODV^[9] 实质上是 DSR 和 DSDV 的结合,不仅借用了 DSR 基本的按需路由的发现和维持路由机制,还运用了 DSDV 的连跳路由、序列号,以及周期性发送更新信息的机制等。虽然 AODV 是 DSDV 算法的改进,但它与 DSDV 的区别在于它是 On-demand 路由协议。AODV 的路由发现过程采用的是基于广播的策略,为了维持路由,AODV 通常需要每一个

收稿日期:2007-07-13;修回日期:2007-10-31。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60572167;70471049);民航科研启动基金资助项目(04QD01)。

作者简介:王合义(1972-),男,山西人,博士研究生,主要研究方向:智能算法、智能决策;丁建立(1963-),男,河南洛阳人,教授,博士,主要研究方向:智能仿生算法、智能决策、信息安全;唐万生(1962-),男,天津人,教授,博士生导师,主要研究方向:不确定性决策、复杂系统建模与控制、智能算法。

节点周期性地传送一个 Hello 数据包,通过 Hello 数据包和从链路层采集的信息来判断链路是否发生中断。

2 基于蚁群优化的路由算法

2.1 蚁群路由定义

令 $G = (V, E)$ 为 n 节点的加权有向图,其中 $n = |V|$, 这里 V 是有向图顶点的集合, E 是边的集合。蚁群优化被用来寻找图 G 中节点 v_i 到目的节点 v_d 的最短路径,每条边 $e(i, j) \in E$ 都有一个信息素变量 $\varphi_{i,j}$,当蚂蚁访问到该节点时会修改该变量,节点 v_i 上的蚂蚁用到节点 $v_j \in N_i$ 上的信息素 $\varphi_{i,j}$ 来计算节点 v_j 作为下一跳的概率, N_i 是节点 v_i 的下一跳邻居节点的集合。选择概率用式(1)来表示:

$$P_{i,j} = \begin{cases} \frac{[\varphi_{i,j}]^\alpha}{\sum_{j \in N_i} [\varphi_{i,j}]^\alpha}, & j \in N_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中: $\alpha \geq 1$, 目的是控制蚂蚁的探索行为。

节点 v_i 的转移概率 $P_{i,j}$ 满足如下限制条件:

$$\sum_{j \in N_i} P_{i,j} = 1; i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

在路由发现期间,蚂蚁在经过的路径上放置恒定数量的信息素 $\Delta\varphi_{i,j}$ 。当蚂蚁从节点 v_i 移动到节点 v_j 时,根据下面的公式改变边 $e(v_i, v_j)$ 上的信息素数量:

$$\varphi_{i,j} = (1 - \rho)\varphi_{i,j} + \rho\Delta\varphi_{i,j}; \rho \in [0, 1] \quad (3)$$

基于蚁群优化的蚂蚁路由算法有三个阶段,分别是路由发现、路由选择和路由维护。

2.2 路由发现

源节点生成数据包,这个数据包也被称为探索蚂蚁。当蚂蚁寻找路径的时候,它会把信息素放置到经过的路径上,当探索蚂蚁到达目的节点后,目的节点就会产生一个后向的蚂蚁,并根据探索蚂蚁所遗留的信息素返回源节点,此时,探索蚂蚁死亡。如果一个节点第一次收到探索蚂蚁数据包,一个路由表表项就会被加入到该节点的路由表,路由表的表项是一个三元组(目的节点,下一个节点,信息素),节点根据探索蚂蚁到达该节点所经历的跳数来计算信息素值,然后把该探索的数据包转发给它的邻居节点。每个探索蚂蚁都有唯一的编号,重复的探索蚂蚁将会被丢弃,当目的节点收到探索的数据包时,该目的节点将产生一个后向的数据包并且沿原路返回到源节点,当发送节点收到目的节点产生的后向数据包时,连接路径就会建立,开始传送数据包。

2.3 路由选择

在每个节点,代理基于该节点上的信息来决定如何采取行动,每个节点记录它的邻居节点状态有关的转移概率的统计信息,每个节点维护着它的最佳路径的当前预估。如果节点收到到达目的节点的数据包,该节点在它的路由表中查找是否有表项到达的路径,如果该节点知道它的邻居节点能到达目的节点,它会把数据包转发给节点,同时增加表项信息素值,通向目的路径将因为传送数据包而被加强。

2.4 路由维护

从源节点到目的节点的信息素轨迹已经建立,因此没有必要产生一个特别的数据包来维持已经产生的路由选择路径,因为常规的数据包就能管理路径。在移动自组网中,对于一个节点来说,由于节点的离开、网络拥塞或者数据包冲突而导致的链路断开是非常普通的。但对蚂蚁路由算法来说,如果观察到一个节点的一些连接链路已经断开,就标记该连接链路并把信息素值设为 0。然后,节点在它的路由表里寻找到达目的节点可选择的链路。如果有到目的节点的另一条路

径,节点将通过这条路径传送数据包。否则,该节点就会给它邻居节点发送消息来询问邻居节点是否有到目的节点的路径。如果数据包不能到达目的地,源节点将再次进行路由发现的步骤。

/* Initialization 初始化 */

For $t = 1$ to t_i do

For node = 1 to n do

Random select a destination node

Launch exploring ant

End For

/* The exploring ant reaches the destination */

Launch backward ant

For each backward ant do

Track back along the exploring ant

Update routing tables according to equations (1) and (3)

End For

End For

/* Process data packet */

For $t = 1$ to t_i do

Receive packet p from MAC layer

For each p do

Choose next node j among neighbors using probabilistic routing tables

Update routing tables according to equations (1) and (3)

Processing data packet

End For

Remove expired packet

Receive new packet

Compute network statistics

End For

3 仿真结果及分析

实验是在 NS2.28 平台上进行的,实验中使用的 AODV 和 DSR 协议是 NS 内置的。我们设计了一个网络场景,设定了 20 个固定节点和 50 个移动节点。这些节点之间通过 IEEE 802.11 协议进行通信,场景中有 3 个服务节点,而客户端节点的数量会随机改变,每个客户节点以 4 pps 的速率发送 CBR 流量,通过改变包的大小以形成网络拥塞的场景,仿真时间为 400 s。通过吞吐量、平均延迟、传送率 3 个指标来比较蚁群路由算法 (AntRouting) 与 AODV 和 DSR 算法的性能。

图 1 是三种路由协议的吞吐量比较。从图中可明显看出,DSR 算法的吞吐量曲线置于最下方,不仅较低,且随着网络负载的增加几乎没有变化;AODV 算法的吞吐量曲线居中,随着网络负载的增加吞吐量有所增加,但增长缓慢;而 AntRouting 吞吐量曲线置于最上方,不仅较高,且随着网络负载的增加吞吐量增长很快。三种算法当网络负载超过 240 kbps 以后,吞吐量呈衰减趋势。

图 2 是三种路由协议的平均延迟比较。当网络负载较低的时候,AODV 协议和 AntRouting 算法平均时延较短,而 DSR 时延比较长。而随着网络负载的增加,DSR 的平均延迟越来越大,但是 AODV 和 AntRouting 算法则变化不大。

图 3 是三种路由协议的数据包的传送率比较。当网络负载较小时,AODV 和 AntRouting 算法能传送超过 90% 的数据包。而随着网络负载的不断加,三种路由算法都表现了不同程度的传送率性能下降,相对来说,DSR 下降速度最快,AODV 其次,AntRouting 算法要好一些。

因此,通过吞吐量、平均延迟、传送率三个指标进行比较,随着网络负载的增加,蚁群路由算法相比 AODV 和 DSR 有比较明显的优势。

(下转第 13 页)

比。可以看出本算法大大减少了所需的消息数量。图2中的消息数仍然高于理论值,这主要是由于CSMA/CD通信模式下,节点发送消息往往需要多次竞争通信线路,因此造成了同一条消息的多次生灭。

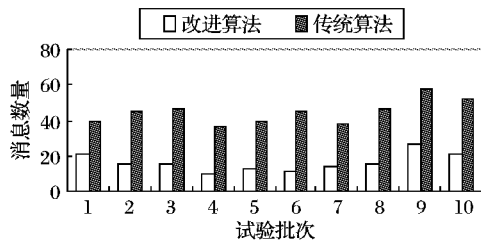


图2 仿真消息数

图3显示了算法的响应延迟对比,可以看出本算法的响应延迟较之传统算法有较大幅度的降低。这主要是由于本算法的消息复杂度较低,节点发送消息次数较少,因而节点较少的参与了通信线路竞争,从而降低了消息复杂度。

5 结语

本文针对传统算法的缺点,提出了基于读写特征的总线分布式同步算法。该算法通过“哈希”运算将分布式同步问题转化为单节点同步问题,提高了算法的效率,减少了所需的消息数;通过请求队列携带等方式减少了算法的消息种类,缩

短了响应延迟。目前,该算法已经在基金会现场总线控制系统中得到了应用,取得了良好的效果。

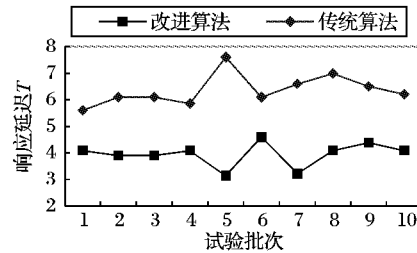


图3 仿真响应延迟

参考文献:

- [1] 刘丹, 刘心松. 基于读写特征的分布式互斥算法[J]. 电子学报, 2004, 32(2): 326-329.
- [2] 姜进磊, 史美林. CSCW中的对象同步与合并[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(9): 1312-1319.
- [3] MAEKAWA M. A log N algorithm for mutual exclusion in decentralized systems[J]. ACM Transaction on Computer Systems, 1985, 3(2): 145-159.
- [4] 冯冬芹, 施一明. 基金会现场总线(FF)的发展与特点[J]. 自动化仪表, 2001, 22(6): 52-54.
- [5] HARADA T. k-Coterie for tolerating network 2-partition[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2004, 16(7): 666-672.

(上接第8页)

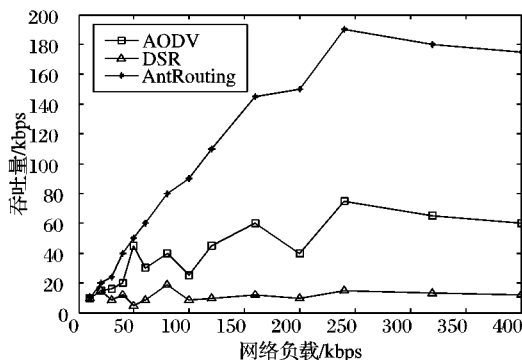


图1 移动自组网中三种路由协议的吞吐量比较

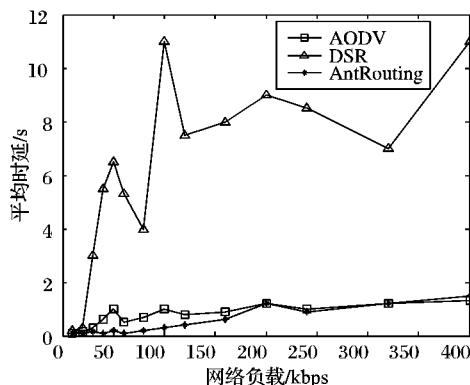


图2 移动自组网中三种路由协议的平均时延比较

4 结语

针对移动自组网提出了一种基于蚁群优化的路由算法,该算法很好地利用了蚁群算法的自适应性,能有效地承载移动自组网的负载。在NS-2平台下的算法仿真表明,该算法在移动自组网环境下表现了较好的性能,从吞吐量、平均延迟、传送率三个指标比较来看,比AODV和DSR的性能都要好。

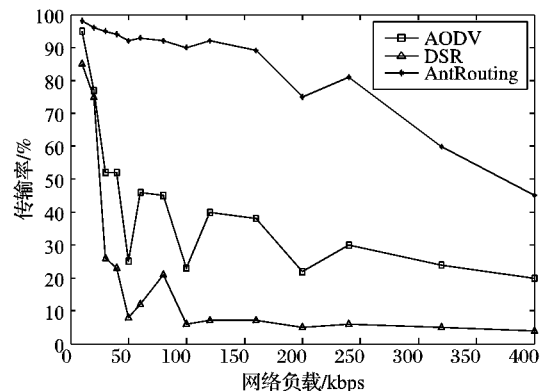


图3 移动自组网中三种路由协议的传送率比较

参考文献:

- [1] CARO G D, DORIGO M. AntNet: A mobile Agents approach to adaptive routing[R]. IRIDIA 97-12. University Libre de Bruxelles, 1997.
- [2] TATOMIR B, BOEHLE J, ROTHKRANTZ L J M. Dynamic routing in traffic networks and MANETs using ant based algorithms [EB/OL]. [2007-05-10]. <http://mmi.tudelft.nl/pub/bogdan/APPI4.pdf>.
- [3] 郭嘉丰, 张信明. 基于节点空闲度的自适应移动Ad Hoc网络路由协议[J]. 软件学报, 2005, 16(5): 960-969.
- [4] DAS S R, PERKINS E, ROYER M, et al. Performance comparison of two on demand routing protocols for Ad Hoc networks[J]. IEEE Personal Communications Magazine, 2001, 8(1): 16-28.
- [5] PEKINS C, BHAGWAT P. Routing over multi-hop wireless network of mobile computers[J]. Journal on Selected Areas in Communications, 1999, 17(8): 1395-1414.
- [6] 魏澄, 白光伟. 多跳Ad Hoc网络基于路由协议的拥塞控制[J]. 计算机应用, 2007, 27(9): 2221-2235.
- [7] BROCH J, JOHNSON D, MALTZ D. The dynamic source routing protocol for mobile Ad Hoc networks [EB/OL]. [2000-11-15]. <http://www.ietf.org/internet-draft/draft-ietf-manet-dsr-01.txt>.
- [8] 欧阳志鹏, 沈富可. Ad Hoc网络基于路由协议的拥塞控制[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(16): 3102-3104.
- [9] PERKINS C, BELDING-ROYER E, DAS S. RFC 3561, Ad Hoc on-demand distance vector (AODV) routing[S], 2003.