

基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制

王 艳

(吕梁学院 计算机科学与技术系, 山西 吕梁 033000)

摘 要: 为保证自组织容迟网络能够可靠并有效传输数据, 以更好地实现在传输效率与网络开销之间的均衡, 提出了一种基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制. 该机制在分析自组织容迟网节点分布特性的基础上, 通过分布式节点密度感知, 实现快速获知整个网络中热点区域的节点分布, 并利用热点区域节点之间的限跳函数实现动态路由, 以最大程度减少在热点区域的冗余数据, 有效地降低网络整体传输时延与开销. 仿真结果表明, 该算法在传输效率和时延方面展示具有明显优势, 且有效降低网络冗余信息开销.

关键词: 自组织; 容迟网络; 分布传感; 动态路由

中图分类号: TN929.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)10-0164-04

Dynamic Fusion for Ad-hoc Delay Tolerant Networks Based on Distribution Sensing

WANG Yan

(Department of Computer Science and Technology, Lvliang University, Lvliang 033000, China)

Abstract: In order to ensure the self-organization of delay tolerant network can be reliable and efficient transmission of data, in order to better realize between the transmission efficiency and network overhead balance, proposed one kind based on the integration of distributed perception of self organization DTN routing algorithms. The algorithm in the analysis of self organization later network nodes based on the distribution and characteristics of distributed node density, through perception, quickly informed node distribution of regional hot spots in the network, and between the regional hot node limited dynamic routing function, to the greatest extent reduce the redundancy in the data of regional hot spots, reducing overall network transmission delay and cost effectively. The simulation results show that, the algorithm shows has obvious advantages in the transmission efficiency and delay, and effectively reduce the network redundancy overhead.

Key words: Ad-hoc Networks; Delay Tolerant; Sparse Distribution; Dynamic Routing

1 引言

自组织容迟网集无线传感网与自组织容迟网络等多项技术, 可以实现数据传输与采集等信息服务, 故被广泛应用于智能无线传感器网络工程领域. 自组织容迟网络节点由于其具有网络规模大、移动速度快、空间分布不均匀、以及受自然环境等条件限制, 从而导致链路生存期短且拓扑结构变化频繁. 网络节点热点分布呈现一定程度的不均匀、节点密集区域和稀疏区域分布差异等复杂因素, 对自组织容

迟网络数据路由提出严峻的挑战. 因此, 如何高效控制自组织容迟网络节点数据路由成为业内研究的热点问题^[1-2].

为保证自组织容迟网络能够可靠并有效传输数据, 以更好地实现在传输效率与网络开销之间的均衡. 文献[3]中提出了一种将容迟思想应用到自组织容迟网络中, 节点接收到消息后有冲突则缓存, 但网络中冗余数据量会随网络拥塞程度呈现指数增长, 很大程度上降低了数据传输效率, 尤其在规模大网络并且节点密度高的区域, 这种路由协议的缺点更

收稿日期: 2014-01-12; 修回日期: 2014-03-02

加突出;文献[4]中提出了一种基于多跳中继路由策略,利用多个节点中继多跳传输策略,将数据直接与间接传输给目的节点,继承了传染性路由的简单性和直接传输的健壮性,但在高密度热点区域网络中性能不理想;文献[5]中提出了一种基于数学统计的自组织网路由算法,该策略根据自组织网密度选择最优的路径传输数据的协议,但实际自组织容迟网络中,自组织容迟网络节点密度较难预测,该算法很难保证所选择最优路劲在理论上没有最优固定节点,且计算复杂度较高。

本文提出了一种基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制。该机制在分析自组织容迟网节点分布特性的基础上,通过分布式节点密度感知,实现快速获知整个网络中热点区域的节点分布,并利用热点区域节点之间的限跳函数实现动态路由,以最大程度减少在热点区域的冗余数据,有效地降低网络整体传输时延与开销。

2 相关定义与分布特性

本节首先给出自组织容迟网络数学模型和相关定义,本文根据相邻节点数目来表示节点密度,并通过建立自组织容迟网络图来分析无线自组织容迟网络节点密度的分布特性^[6-7]。为方便本文研究特作如下相关定义:

定义1(连接) 任意两个节点之间的欧氏距离小于规定距离,则该两节点之间建立连接,那么节点 u 和 v 在时刻 t 的连接状态记为 $C_{uv}(t)$ 。若 u 和 v 的距离小于规定距离,则 $C_{uv}(t)$ 等于 1,反之 $C_{uv}(t)$ 等于 0。

定义2(相邻节点数) 节点同时建立的连接数量,节点 u 在时刻 t 的邻居节点数记为

$$n_u(t) = \sum_{i=1}^N C_{ui}(t) \quad (1)$$

式中, N 表示网络中的节点总数。

定义3(连通图) 定义使用无向图表示网络的连通状态, G_t 表示时刻 t 的连通图网络, V 是顶点集, E_t 是边集。

定义4(度) 定义网络连接到交叉节点的边的数量表示该节点的度,记为 $d_u(t)$ 。

假设自组织容迟网络每个节点均看作无线传感器节点,通过计算获得自组织网络节点的位置并建立自组织容迟网络 G_t ,在时刻 t 网格 $\text{Grid}_{i,j}$ 的平均邻居节点数 $n_{\text{Grid}_{i,j}}(t)$ 等于该网格内所有节点在连通图 G_t 中的度均值,则

$$n_{\text{Grid}_{i,j}}(t) = \sum_{u=1}^k \frac{d_u(t)}{k} \quad (2)$$

式中, k 表示自组织容迟网络节点数量, $d_u(t)$ 表示节点 u 的度,固定周期内所有时隙的度均值为 $\bar{n}_{\text{Grid}_{i,j}}$,则可获得自组织网络节点密度概率分布。

伴随着热点区域节点密度的增加,导致自组织容迟网络节点连通之间形成阶跃现象。基于分布感知的自组织容迟网络,节点密度在空间分布存在阶跃临界值,当节点分布密度值增大临界值,使得网络连通性发生阶跃现象,网络呈现全连通。假设节点无线传输距离为 r ,节点分布密度为 λ ,则距离为 x 的任意两节点的连通概率 $P_e(x)$ 为^[8]

$$P_e(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq r \\ \sum_{i=1}^{x/r} \frac{(-\lambda e^{-\lambda x} (x - ir))^i}{i!} e^{-\lambda x} \sum_{i=1}^{x/r-1} \frac{(-\lambda e^{-\lambda x} (x - (i+1)r))^i}{i!} & x > r \end{cases} \quad (3)$$

式中,当 $0 \leq x \leq r$ 时, $P_e(x)$ 为 1。

3 融合分布感知的动态路由机制

3.1 分布节点密度感知

基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制,可以感知不同热点区域的节点密度节点状况,并可以容易获知处于热点区域内部的节点当前状态信息。由于自组织容迟网络的变动性,热点区域的节点可以获知相邻区域节点的状态信息。

自组织网络节点在路由过程中记录经过路径的相邻节点数,并通过各节点相互交换各自的路由信息,使得自组织容迟网络能够快速获知整个自组织网络中热点区域的节点空间分布。热点区域节点 u 可以感知 $m \times n$ 的矩阵网格,记作 M_u ,则第 i 行第 j 列的矩阵元素的值 $m_{i,j}$ 的数学表达式可以表示为 $[n_{\text{Grid}_{i,j}}(t), T_{\text{update}}] \cdot n_{\text{Grid}_{i,j}}(t)$,其中, $n_{\text{Grid}_{i,j}}(t)$ 表示连通网络在时间 t 的平均相邻节点数目, T_{update} 表示节点数据更新时间。若自组织网络节点在动态路由过程中以固定时间周期 T_{interval} 感知相邻热点区域节点数目为 $n_u(t)$,并记录到网格矩阵元素 $m_{i,j}$,本文时间周期设置为 $T_{\text{interval}} = 5$ s。如果自组织节点 u 与 v 在某时刻相邻感知,首先传输网格节点分布特性矩阵,然后将网格矩阵的所有矩阵元素 $m_{i,j}$ 进行网络更新操作,若时间 T_{update} 大于本节点时间,则更新本节点网络信息^[9]。

3.2 动态路由

融合分布感知的动态路由机制的关键在于选择

合适的跳数限制函数,使得节点路由信息经传输到达目标节点前限制信息冗余复制,则限制跳数可看作当前节点与目的节点的路由距离。

设当前节点为 u , v 是热点区域边缘上与 u 距离最近的节点,则 u 和 v 的平均距离(跳数) $hop_{u,v}$ 为^[10]

$$hop_{u,v} = c \frac{\log(\frac{n_{average} d^2}{\pi r^2})}{\log(n_{average})} \quad (4)$$

式中, $n_{average} = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{k}$, d 是节点 u 和 v 的欧氏距离, r 是节点传输范围。以 u 为圆心,以 d 为半径的圆覆盖的离散化网格集合为 G , $k = |G|$ 是网格的个数, n_i 是网格 i 的平均邻居节点个数。

在自组织容迟网络路由选择中,如果节点的空间分布度不是常量,空间分布节点密度服从固定分布并且期望存在,则两节点间平均距离(跳数)的期望则存在,其平均距离的解析数学表达式为

$$f(d) = \begin{cases} \infty, d > d_{\min} \\ c \frac{\log(\frac{n_{ave} d^2}{\pi r^2})}{\log(n_{ave})}, d \leq d_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

式中, c 表示为常数, d 表示相邻节点之间的欧氏距离, r 表示节点传输范围半径。

3.3 算法实现

基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制在分析自组织容迟网节点分布特性的基础上,通过分布式节点密度感知,实现快速获知整个网络中热点区域的节点分布,并利用热点区域节点之间的限制跳函数实现动态路由,以最大程度减少在热点区域的冗余数据,有效地降低网络整体传输时延与开销。该算法实现的具体步骤如下:

(1) 首先建立自组织容迟网稀疏分布模型;

(2) 通过分布式节点密度感知算法,使每个节点快速获知整个网络中热点区域的分布,利用节点与热点间的欧氏距离和节点密度建立跳数限制函数;

(3) 动态对转发消息进行跳数限制,减少在热点区域的副本复制,有效地降低网络中消息冗余副本数量。

该算法在传输效率和时延方面展示具有明显优势,且有效降低网络冗余信息开销。

4 仿真结果与性能分析

为分析与验证本文所提出的基于稀疏分布的自组织无线节点动态分发算法的性能,系统仿真

条件及参数设置如下:采用 NCTUns6.0 作为网络仿真式样平台,选择自组织节点分布图所示自定义的网络拓扑和节点移动轨迹如图 1 所示,其中,无线链路距离为 500 m 道路参考数据节点 1 km,车载数据节点速度 30~60 km/h,自组织网数量为 10~350 辆。

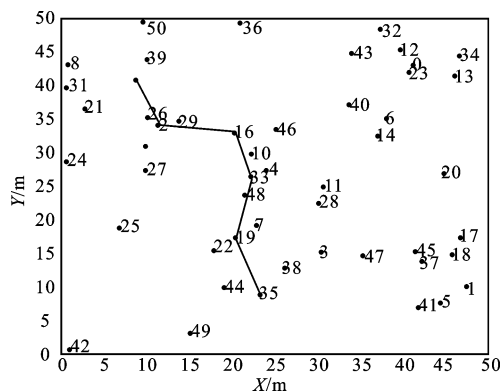
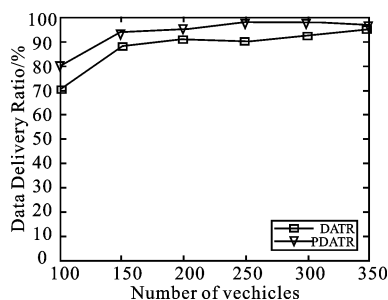
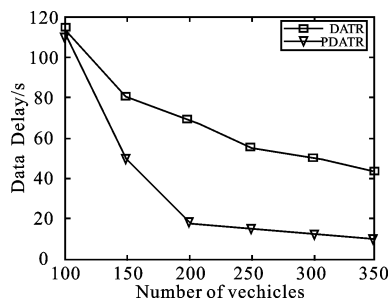


图1 自组织节点分布图

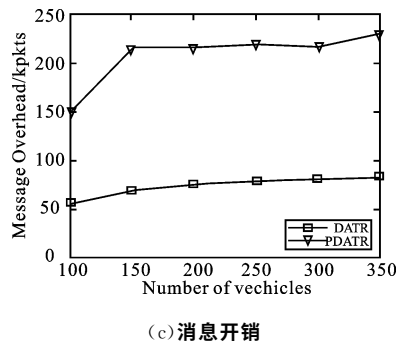
图 2 所示为不同自组织数据节点密度下 DATR 算法与本文所提出的 PDATR 算法两种算法的性能和开销。图 2(a)表示随着自组织网节点数目的增加,节点数据到达率都有所提高;图 2(b)表示伴随着自组织网节点数量的增加,数据延时呈现逐渐减小的趋势;图 2(c)表示伴随着自组织网节点数量的增加,消息开销逐步提高;综合上述,本文所提出的 PDATR 算法具有比 DATR 算法有明显的性能优势。



(a) 数据到达率



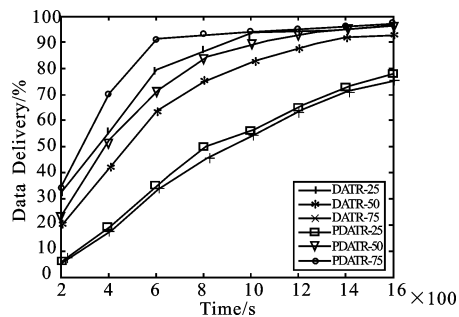
(b) 数据延迟



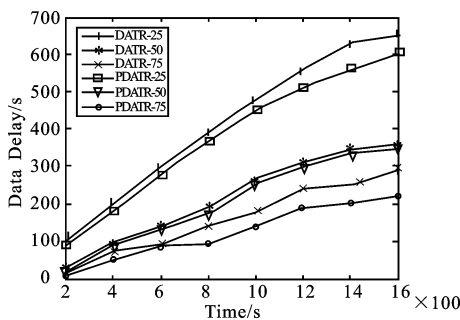
(c)消息开销

图2 DATR与PDATR的性能和开销

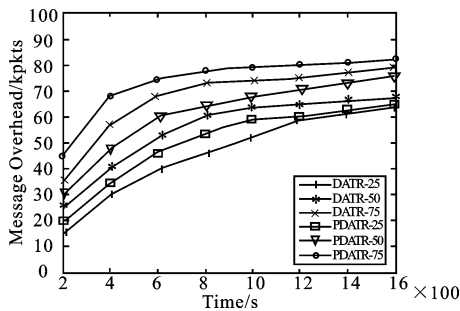
图3所示为不同自组织数据节点密度下DATR算法与本文所提出的PDATR算法两种算法的性能和开销,自组织车载数据节点数量分别为25、50、75。图3(a)表示随着自组织网节点数目的增加,节点数据到达率都有所提高;图3(b)表示伴随着自组织网节点数量的增加,数据延时呈现逐渐减小的趋势;图3(c)表示伴随着自组织网节点数量的



(a)数据到达率



(b)数据延迟



(c)消息开销

图3 DATR与PDATR的性能和开销

增加,消息开销逐步提高;综合上述,本文所提出的PDATR算法具有比DATR算法有明显的性能优势。

5 结束语

本文在研究自组织容迟网络数据传输的基础上,提出了一种基于分布传感的容迟自组织网络动态融合机制,以更好地实现在传输效率与网络开销之间的均衡。该机制在分析自组织容迟网节点分布特性的基础上,通过分布式节点密度感知,实现快速获知整个网络中热点区域的节点分布,并利用热点区域节点之间的限跳函数实现动态路由,以最大程度减少在热点区域的冗余数据,有效地降低网络整体传输时延与开销。

参考文献:

- [1] Wisitpongphan N, Tonguz OK, Parikh JS, et alV. Broadcast storm mitigation techniques in vehicular ad hoc networks[J]. Wireless Communications, 2007,14(6):84-94.
- [2] Ros F, Ruiz P, Stojmenovic I. Acknowledgment-Based broadcast protocol for reliable and efficient data dissemination in vehicular ad-hoc networks[J]. IEEE Trans. on Mobile Computing, 2012,11(1):33-46.
- [3] Viriyasitavat W, Bai F, Tonguz OK. Dynamics of network connectivity in urban vehicular networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2011,29(3):515-533.
- [4] Zhao J, Zhang Y, Cao GH. Data pouring and buffering on the road: A new data dissemination paradigm for vehicular ad hoc networks[J]. IEEE Trans on Vehicular Technology, 2007, 56(6): 3266-3277.
- [5] Lee U, Zhou B, Gerla M, Gerla M, Bellavista P, Corradi A. Mobeyes: Smart mobs for urban monitoring with a vehicular sensor network[J]. IEEE Wireless Communications, 2006, 13(5): 52-57.
- [6] 杨卫东,刘伎昭,刘燕,等.一种自组织容迟网中节点密度自适应的数据分发策略[J].软件学报,2011,22(1):83-92.
- [7] Ding Y, Xiao L. SADV: Static-Node-Assisted adaptive data dissemination in vehicular networks[J]. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2010,59(5): 2445-2455.
- [8] 汪兆洋,金蓓弘,张扶桑,等.自组织容迟网络中的数据分发机制[J].软件学报,2013,24(2):50-60.

(下转第172页)

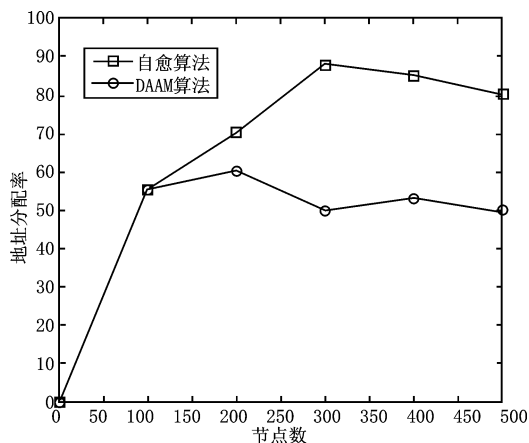


图5 地址分配率对比

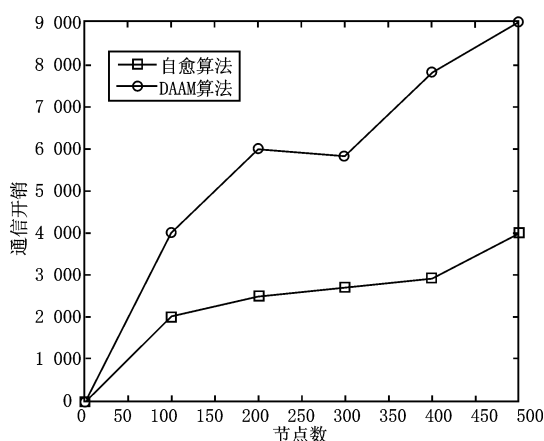


图6 通信开销对比

主要解决了路由节点能量耗尽或由于突发情况死亡导致的网络瘫痪问题。仿真结果表明,该算法可以大大提高网络的生存时间,网络实现了自组织以及自愈。但是算法也带来一些值得进一步研究的问题:两个节点传递数据能否实现最优路由选择;各个路由节点在转发数据过程中是否可以做到尽量使负载均衡;如果可以做到以上两点,就会进一步节约节点能量,延长网络寿命,从而拓宽自愈算法的实际应用范围。

参考文献:

- [1] Huang Li-Chien, Chang Hong-Chan, Chen Cheng-Chun, et al. A zigBee-based monitoring and protection system for building electrical safety[J]. Energy and Buildings, 2011, 43(6): 1418-1426.
- [2] 金纯, 罗祖秋, 罗凤, 等. ZigBee 技术基础及案例分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [3] Panms, Tsai, Tsengy C. The orphan problem in ZigBee wireless networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2009, 8(11): 1573-1584.
- [4] 康小军. ZigBee 网络路由协议的研究与实现[D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2008.
- [5] 任智, 李鹏翔, 姚玉坤, 等. 基于分段的 ZigBee 网络按需可扩展地址分配算法[J]. 通信学报, 2012, 33(5): 131-137.
- [6] 孙屹, 孟晨. OPNET 通信仿真开发手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [7] Vlajic N, Stevanovic D, Spanogiannopoulos G. Strategies for improving performance of IEEE802. 15. 4/ ZigBee WSNs with path-constrained mobile sink(S) [J]. Computer Communications, 2011, 34 (6): 743-757.
- [8] Xu Haiyan. Construction of energy-aware ZigBee network[C]//Proceedings of the 2011 10th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science (DCABES2011). Wuxi, Jiangsu, China: IEEE, 2011: 378-381.

作者简介:

陶志勇 男, (1978-), 博士生, 副教授. 研究方向为多媒体通信;

高鹏涛 男, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络.

(上接第 167 页)

- [9] Sou S, Tonguz OK. Enhancing VANET connectivity through roadside units on highways[J]. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2011, 60(8): 3586-3602.
- [10] Abdrabou A, Zhuang W. Probabilistic delay control and road side unit placement for vehicular ad hoc networks with disrupted connectivity[J]. IEEE Journal

on Selected Areas in Communications, 2011, 29(1): 129-139.

作者简介:

王艳女, (1982-), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为软件开发及数据库.