

文章编号:1673-9469(2015)02-0082-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.02.020

WSNs中基于协作通信的分簇路由算法研究

张晓青,黎作鹏,李志华,赵继军

(河北工程大学 信息与电气工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:针对无线传感器网络数据信息传输可靠性,提出一种无线传感器网络中基于协作通信的分簇路由算法。该算法主要对分簇、簇间路由和簇内路由三个阶段进行了设计,依据信噪比寻找满足网络数据传输可靠性的最佳路由,实现源节点和目的节点之间的协作通信。仿真结果表明,无线传感器网络中基于协作通信的分簇路由算法能够有效地优化网络路径,提高频谱利用率,增强数据信息传输的可靠性。

关键词:无线传感器网络;协作通信;分簇;路由算法;信噪比

中图分类号:TN925

文献标识码:A

A cooperative communication based clustering routing algorithm in wireless sensor networks

ZHANG Xiao-qing, LI Zuo-peng, LI Zhi-hua, ZHAO Ji-jun

(School of Information and Electric Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;)

Abstract: Aimed at the improvement of data transmission reliability in wireless sensor networks (WSNs), a cooperative communication based clustering routing algorithm is proposed in this paper. This algorithm includes three phases of clustering, routing between clusters and routing in cluster, which are able to determine the optimal data path to satisfy the data transmission reliability based on the ratio of signal and noise, and then realize the cooperative communication between source node and destination node. The simulation results show that the cooperative communication based clustering algorithm in WSNs can effectively optimize the data path in network, and improve the efficiency of frequency spectrums, and then enhance the reliability of data transmission.

Key words: wireless sensor networks; cooperative transmission; clustering; routing algorithm; signal to noise ratio

在采用协作路由的无线传感器网络中,节点之间相互协作共同完成监测任务,这样不仅可以延长网络生命周期^[1],而且可以保障网络吞吐量^[2]。以减少能量消耗、降低丢包率、优化平均传输时延^[3]、降低路径损耗^[4]为目标的现有算法,均是在寻找最短路径的基础上优化网络性能指标,但最短路径不一定是最优路由。关于如何保障数据传输可靠性的问题,文献[5-6]侧重研究如何最小化中断概率和优化源节点与中继节点的发送功率等问题。文献[7]则重点阐述了如何保证每条链路所需的误码率和网络吞吐量。文献[8-9]提出了优化网络资源的数据信息传输策略。上述

所提到的路由算法都忽略了网络节点的分布状况对数据传输可靠性的影响,因此存在路由效率低,扩展性差等缺陷。针对上述策略的不足,本文综合考虑网络节点分布状况对数据传输可靠性的影响,将协作路由和分簇拓扑结构相结合,实现多跳网络中成员节点间的协作通信,达到优化源-目的节点路径,提高网络频谱利用率,增强网络数据信息传输的可靠性,提出了一种基于协作通信的分簇路由算法。

1 系统模型

WSNs由传感器节点和sink节点组成,节点集

收稿日期:2015-04-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61304131);河北省教育厅资助项目(QN20131064, Q2012045) 特约专稿

作者简介:张晓青(1989-),女,河北邯郸人,硕士,从事无线传感网络方面的研究。

合则称为簇。传感器节点随机分布在监测区域内,这些节点在分簇机制作用下组成不同的簇,每个簇选取一个节点作为簇首节点,簇中其余节点则称之为成员节点。

WSNs 均采用正交信道,即网络中每个节点用于发送和接收数据信息的信道相互独立,协作通信网络模型如图 1 所示。在协作通信网络模型中,协作节点 r 首先将来自于源节点 s 的数据信息解码、检测估计处理,然后将其传送至目的节点 d 。 d 将来自 s 的信息和来自 r 的信息进行融合处理后得到最终数据。研究表明协作路由可以提高系统吞吐量、增大网络系统容量、提升数据传输速率、有效地对抗衰落并提高系统的频谱利用率,优化系统的服务质量和提高网络数据信息传输可靠性。

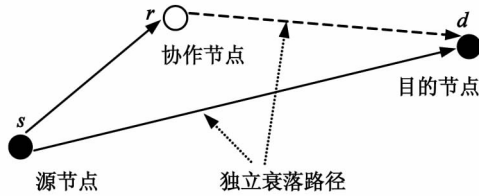


图1 协作通信网络模型

Fig.1 The cooperative communication network model

在分簇过程中,依据权值 In 选取簇首节点,权值 In 为

$$In = aDn + bPn + cBn \quad (1)$$

式中 Dn - 该节点通信半径范围内的邻居节点个数,即该节点的度数; Pn - 该节点的邻居节点与其距离之和; Bn - 该节点剩余的可用带宽。

系数 a 、 b 和 c 满足 $a + b + c = 1$, 用户可以根据具体应用需求调整系数 a 、 b 和 c 分配比例。

当节点 $i(s, r \in i)$ 将信息发送到节点 $j(r, d \in j)$ 时,节点 j 的信噪比 $SNR_{i,j}^{[5]}$ 为

$$SNR_{i,j} = \frac{|h_{i,j}|^2 P_i}{\sigma_j^2} \quad (2)$$

式中节点 i 和节点 j - 信道中的路径损耗系数为 $h_{i,j} (i \neq j)$; P_i - 节点 i 的发送功率; σ_j^2 - 节点 j 的协方差; $h_{i,j}$ - 信道本身的衰减及衰落特性。

信道增益 $h_{i,j}^{[5]}$ 为

$$h_{i,j} = \frac{7.75 \times 10^{-13}}{D_{i,j}^{3.6}} \quad (3)$$

由 Shannon 信道容量公式可知, $C = W \log(1 + SNR)$ 中的信道带宽 W 通过归一化可得到信道频谱利用率

$$\eta = \frac{1}{\log_2(1 + SNR)} \quad (4)$$

2 算法描述

本文在将节点的分布密度和协作通信相结合的基础上进行路由算法优化。为降低路由计算的复杂度,本文中的 WSNs 采用分簇拓扑结构,来寻找频谱利用率最大的协作路径。该算法分为以下三个步骤:

1) 分簇。WSNs 的分簇拓扑结构包括簇首和成员两类节点。在选簇过程中主要研究邻居节点数量、节点的发送功率和信道的剩余带宽,且根据用户具体要求调整其各自的权重因子。分簇的具体过程如下:(1)网络中节点周期性交换 HELLO 信息,确定邻居节点的位置。(2)选取邻居节点中权值 In 最大的作为簇首节点,并向其他节点广播自己的身份信息。(3)重复上述步骤,直到所有节点找到归属的簇,分簇完成。簇首节点之间广播消息,并收集其他簇首节点的位置信息建立簇间拓扑。至此,分簇过程结束,如图 2 所示。

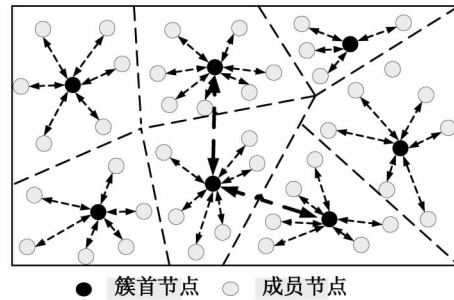


图2 分簇过程

Fig.2 Formation of clusters

2) 簇间路由。分簇完成后,当簇中有成员节点需要将数据信息发送至其他簇中的目的节点时, s 所在簇的簇首节点需要确定该数据信息要通过哪个簇的转发,其路径如图 3 所示。簇间路由分为两个进程:(1)簇间路由选择。 s 所在簇中的簇首节点依据分簇过程中建立的簇间拓扑信息,确定到 d 所在簇簇首节点之间的路径。然后根据公式(2)和公式(4)计算每条路径的 SNR 和 η ,并选取 η 最大的路径作为传输路径;(2)协作通信优化路由。首先在选择的簇间路径上确定每一跳中可以作为备选协作节点的传感器节点;在簇间通信过程中,簇首节点之间可以选取两种传输方式:直接传输方式和协作传输方式。由于传输路径中存在多个备选协作节点,因此通过计算公式(2)和(4)得出 SNR 和 η ,进而确定簇首节点之间

的传输方式。

簇首节点通过以上步骤可以获得一条从 A 簇的簇首节点到 C 簇的簇首节点的簇间路由。

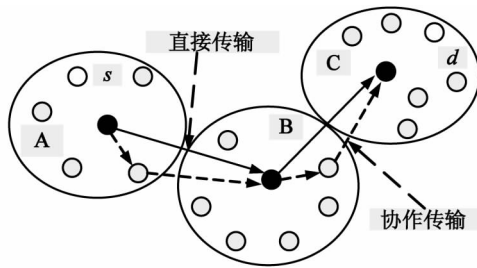


图3 簇间路由图

Fig. 3 Routing between clusters

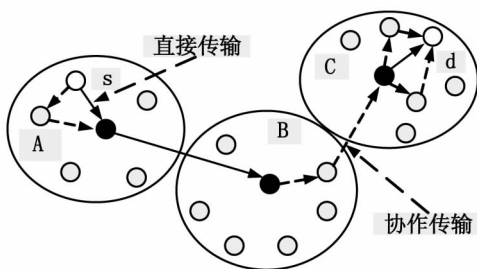


图4 簇内路由

Fig. 4 Routing in a clusters

3)簇内路由。簇间路由确定后需要通过簇内路由算法确定簇内路径,具体过程如图4所示。 s 在A簇中需要经过簇内路由将数据信息发送至A簇的簇首节点,同样C簇的簇首节点也需要经过簇内路由将数据信息发送至C簇的 d 。此时簇内路由的传输方式可以采取协作传输或直接传输方式中的任意一种。

簇内路由算法具体描述如下:(1)分别计算 s 到本簇内簇首节点采取直接传输和协作传输的 SNR 和 η ,并比较计算结果,若最大 η 对应一个中继节点则选取该中继节点作为 r ,为了提高网络可靠性,此时系统将采取协作传输方式进行网络信息通信,反之则采取直接传输方式。(2)同样, d 所在簇的簇首节点依据 SNR 和 η 选择直接传输或协作传输方式将数据信息发送至 d ,至此数据信息传输完成。

3 仿真结果与分析

采用MATLAB仿真平台,针对文献[7]中未分簇的协作路由算法和所提的基于协作通信的分簇路由算法分别在 SNR 和 η 方面进行了性能比较。

具体仿真环境设定如下:无线传感器网络为同构型网络,每个传感器节点具有相同的初始功

率,在网络拓扑范围为 $1\ 000\text{ m} \times 1\ 000\text{ m}$ 的监测区域内随机分布多个传感器节点。假设任意两个传感器节点之间通信的信道是瑞利慢衰落信道,且符合相互独立同分布的循环对称复高斯随机变量。噪声变量为 -70 dBm ,功率分配系数为0.5。

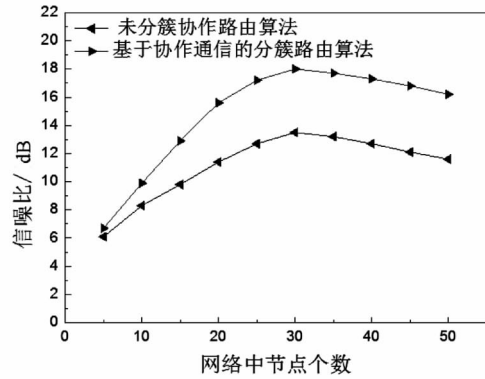


图5 信噪比性能

Fig. 5 Performance of signal to noise ratio

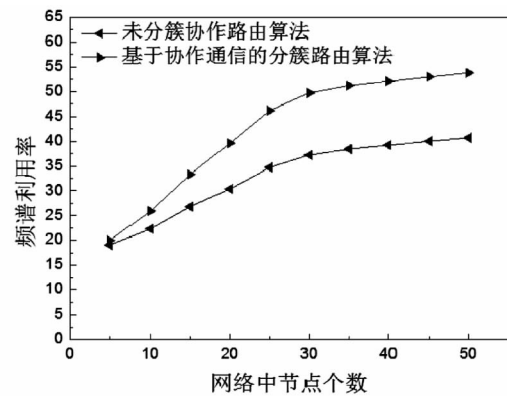


图6 频谱利用率性能

Fig. 6 Performance of spectrum efficiency

图5为基于协作通信的分簇路由算法与未分簇协作路由算法的 SNR 和 η 性能对比图。在网络中节点数量较少时,基于协作通信的分簇路由算法的 SNR 和未分簇协作路由算法相比优势并不明显。这是由于节点数量较少时,两种算法都没有足够多的 r 协助系统完成数据信息的传输。但当传感器节点数量足够多时,随着可备选的 r 数量增多, SNR 迅速增大,且逐渐趋于平滑。这是由于当网络规模变大时未分簇协作路由算法不能根据网络具体变化做出迅速反应,且不能借助其他节点传输数据,导致传输可靠性偏低。而分簇协作路由算法根据分簇拓扑减少节点的通信量,且拥有足够多的邻居节点协作传输数据信息,更充分地利用了网络资源,提高了数据信息传输可靠性。

基于协作通信的分簇路由算法和未分簇协作路由算法的频谱利用率性能对比图如图6所示。

由图可知,在无线传感器节点数量较少时,由于基于协作通信的分簇路由算法中簇首节点没有足够多的协作节点来协助传输数据,所以性能优势并不明显。随着无线传感器节点数量的增多,该算法在频谱利用率方面有了显著的提升。

4 结论

基于协作的分簇路由算法在无线传感器节点数量较少时,没有足够多的协作节点来协助传输数据,信噪比和频谱利用率的性能优势并不明显;随着节点数量的增多,该算法降低了路由通信的功耗,并提升了协作带来的路由增益,提高了无线传感器网络传输的可靠性。

参考文献:

- [1] 张晚生, 刘凯. 无线网络中基于位置的能量高效协作路由算法[J]. 电子与信息学报, 2012, 34(1): 63-68.
- [2] 乔宏, 张大方, 谢鲲, 等. 分布式多网关无线 mesh 网公平协作路由算法[J]. 通信学报, 2015, 36(2): 1-11.
- [3] 吴开兴, 张荣华. 基于信息分组的 TDOA 安全定位算法[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2011, 28(2): 60-63.
- [4] BABAEE R, BEAULIEU N C. Joint routing and power al-

location optimization for multi-hop wireless networks [C]//Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2010, 1-6.

- [5] MANSOURKIAIE F, AHMED M H. Joint Cooperative Routing and Power Allocation for Collision Minimization in Wireless Sensor Networks With Multiple Flows[J]. IEEE Wireless Communications Letters, 2015, 4(1): 6-9.
- [6] SHARMA S, SHI Y, HOU Y T, et al. Joint flow routing and relay node assignment in cooperative multi-hop networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2012, 30(2): 254-262.
- [7] ZHAI C, LIU J, ZHENG L, et al. Maximise lifetime of wireless sensor networks via a distributed cooperative routing algorithm[J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2012, 23(5): 414-428.
- [8] LI P, GUO S, CHENG Z. Max-min lifetime optimization for cooperative communications in multi-channel wireless networks[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2014, 25(6): 1533-1542.
- [9] SHARMA S, SHI Y, HOU Y T, et al. An optimal algorithm for relay node assignment in cooperative ad hoc networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), 2011, 19(3): 879-892.

(责任编辑 刘存英)

(上接第72页)以降低住宅的总能耗指标,采用外窗遮阳可以适当增大窗墙比,也说明窗墙比对总能耗的影响规律受外窗遮阳的影响较大。

通过对比图3中的a与b、c与d可以看出,当外窗为铝合金双层玻璃时,无论是否遮阳,总能耗指标均小于木质单层玻璃外窗时的总能耗指标,在南向,总能耗指标由随着窗墙比的增大变为先下降后上升的趋势,这说明提高外窗的保温性能可以降低住宅的总能耗指标,也说明窗墙比对总能耗的影响受外窗的保温性能影响很大。

4 结论

1) 东向、西向、北向窗墙比的增大供暖能耗指标、空调能耗指标、全年能耗指标均呈增长趋势。南向随着窗墙比的增加供暖能耗指标呈下降趋势,空调能耗指标呈增长趋势,当外窗为双层玻璃时总能耗指标呈现下降后增长的趋势,南向窗墙比为0.4时总能耗指标最小。

2) 降低外窗传热系数、增设外窗遮阳可以降低住宅的总能耗指标,削弱了窗墙比对总能耗指标的影响,在外窗保温性能良好、增设外窗遮阳的

条件下可以适当增大窗墙比。

参考文献:

- [1] 江德明. 窗墙比对居住建筑能耗的影响[J]. 建筑技术, 2009(12): 1099-1102.
- [2] 龙恩深, 付祥钊. 窗墙比对居住建筑的冷热耗量指标及节能率的影响[J]. 暖通空调, 2007(02): 46-50.
- [3] 简毅文, 江亿. 窗墙比对住宅供暖空调总能耗的影响[J]. 暖通空调, 2006(06): 1-5.
- [4] 高洪俊, 高天宝, 栗东平. 新农村建设中节能住宅的发展现状及对策[J]. 河北工程大学学报: 社会科学版, 2008, 24(04): 23-24
- [5] 吴杰. 夏热冬冷地区居住建筑围护结构对建筑能耗的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
- [6] 董海广, 许淑惠. 北京地区窗墙比和遮阳对住宅建筑能耗的影响[J]. 建筑节能, 2010(09): 66-69.
- [7] 陈雷娟, 刘春花. 建筑窗墙比对于建筑耗冷量耗热量的影响[J]. 山西建筑, 2010(33): 250-251.
- [8] 孙凤明, 郭占军, 田芳. 基于模拟室内光热环境的阳台设计分析[J]. 河北工程大学: 自然科学版, 2011, 28(03): 31-34.

(责任编辑 刘存英)