

文章编号: 1004-4353(2019)01-0045-04

基于混合蒙特卡罗算法的网络隐式节点 监测方法研究

李隘优

(闽西职业技术学院, 福建 龙岩 364021)

摘要: 为了提高动态分簇传感网络的节点转发能力, 提出了一种基于混合蒙特卡罗算法的网络隐式节点监测方法. 首先, 采用分布式均衡控制方法进行网络节点优化设计, 构建动态分簇传感网络的输出信道模型. 其次, 利用自适应链路转发协议进行网络的路由探测设计, 构建动态分簇传感网络的隐式节点路由均衡控制模型, 提取隐式节点输出信息的关联特征量. 最后, 利用混合蒙特卡罗算法进行特征检测和信息提取, 根据网络隐式节点的特征规律性分布对网络隐式节点信息进行监测. 仿真结果表明, 本文方法对网络隐式节点具有较好的监测效果, 对网络隐式节点监测的最高丢包率仅为 0.05, 显著低于蚁群算法(0.29)与 PEAS 算法(0.48).

关键词: 混合蒙特卡罗算法; 网络隐式节点; 监测; 传感

中图分类号: TN919

文献标识码: A

Research on network implicit node monitoring method based on hybrid Monte Carlo algorithm

LI Yiyou

(Minxi Vocational & Technical College, Longyan 364021, China)

Abstract: In order to improve the node forwarding ability of dynamic clustering sensor network, a hybrid implicit node monitoring method based on hybrid Monte Carlo algorithm is proposed. Firstly, the distributed equalization control method is used to optimize the network nodes, and the output channel model of the dynamic clustering sensor network is constructed. Secondly, the adaptive link forwarding protocol is used to design the route detection of the network. The implicit node routing equalization control model of the dynamic clustering sensor network is constructed, and the associated feature quantity of the implicit node output information is extracted. Finally, the hybrid Monte Carlo algorithm is used for feature detection and information extraction, and the network implicit node information is monitored according to the characteristic regular distribution of the network implicit nodes. The simulation results show that the highest packet loss rate of the implicit node monitoring in this method is only 0.05, which is significantly lower than the ant colony algorithm (0.29) and PEAS algorithm (0.48), so it indicates that the proposed method has better monitoring effect of network implicit nodes.

Keywords: hybrid Monte Carlo algorithm; network implicit node; monitoring; sensor

0 引言

动态分簇传感网络是一种新型的网络拓扑结

构, 它可以有效地提高信息的传输和均衡控制能力^[1-2]. 目前, 许多学者对动态分簇传感网络进行研究, 并取得了一些成果. 例如: 文献[3]提出了一

种基于蚁群算法的网络隐式节点监测方法,该方法可以实现对网络节点的监测,但其信息转发能力较差.文献[4]提出了一种基于能量优化的无线传感器网络动态分簇目标节点的跟踪监测方法,该方法通过能量信息可实现对目标节点的跟踪监测,但存在操作过程复杂的问题.针对文献[3]与文献[4]中方法存在的问题,本文提出一种基于混合蒙特卡罗算法的网络隐式节点监测方法,并通过仿真对该方法的有效性进行验证.

1 节点定位部署和路由探测算法

1.1 隐式节点的自适应定位部署模型

本文采用分组链路转发协议构建动态分簇传感网络的节点优化部署模型,并结合动态路径搜索方法进行动态分簇传感网络的路径寻优控制,以此提高动态分簇传感网络的隐式节点挖掘和定位检测能力.动态分簇传感网络中的无线传感节点采用均匀阵列部署.假设动态分簇传感网络通过线列分布的形式部署在一个 M 的正方形区域,如图 1 所示.

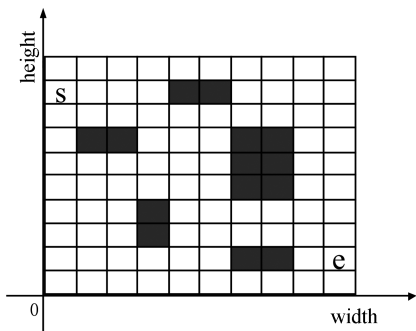


图 1 节点的部署结构模型

图 1 中,动态分簇传感网络的路径相邻节点的置换带宽为 $T_s = N_f T_f$.利用 IEE802.15.4 MAC 路由协议对节点的分布式进行调度,可得节点的初始带宽,为:

$$E_{TX}(L, d) = \begin{cases} LE_{\text{elect}} + L\epsilon_{fs}d^2, & d < d_0; \\ LE_{\text{elect}} + L\epsilon_{mp}d^4, & d > d_0; \end{cases} \quad (1)$$

$$E_{RX}(L) = LE_{\text{elect}}. \quad (2)$$

其中 E_{elect} 表示网络拓扑结构的能量开销.本文采用全网能量均衡控制的方法获取网络拓扑结构的能量开销,以节点的初始带宽为依据建立传感节

点分簇调度模型.传感节点的分簇调度模型为:

$$T_c = \frac{\text{ent}(T_f/N_c)}{E_{TX}} E_{RX}. \quad (3)$$

当满足 $c_j T_c < T_f, \forall j \in [0, N_f - 1]$ 时,动态分簇传感网络的应用层通过实时传输协议(Real-time Transport Protocol, RTP)实现路由分发控制.根据自适应路由转发协议,对动态分簇传感网络的输出转换进行控制,可得网络信道冲激响应,为:

$$s(t) = \sum_i b_j \sum_{j=0}^{N_f-1} p(t - iT_s - jT_f - c_j T_c). \quad (4)$$

其中 b_j 为动态分簇传感网络中无线传感节点的信道损耗, T_s 为路径相邻节点的网络连通时间, T_f 为节点的输出链路.以信道冲击响应为基础,依据传输时延控制对串行链路进行控制,可得相邻节点的最小跳数,为:

$$P_{\text{AOMDV}} = (1 - P_d)^2 \cdot \{1 - [1 - (1 - P_e)^n (1 - P_d)^{n-1}]^m\}. \quad (5)$$

根据上述分析,结合自适应链路转发协议对网络的路由探测进行设计,以此构建动态分簇传感网络的隐式节点路由均衡控制模型^[5].

1.2 路由探测设计

利用路由探测算法计算传输路径中相邻节点的耗能,由此得到的动态分簇传感网络图拓扑中的链路增益为

$$D_{\text{node}}(i) = \frac{N_{\text{node}}(i)}{N_{\text{node}}}, 1 \leq i \leq N_{\text{node}}. \quad (6)$$

在线性均衡控制协议下,动态分簇传感网络簇头节点的输出路径偏移矢量为

$$P = E[d_k X_k] = E \begin{bmatrix} d_k x_{0k} \\ d_k x_{1k} \\ \vdots \\ d_k x_{Lk} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

在路由分簇模型的控制下,动态分簇传感网络中的隐式节点 A 向 Source 节点 S 发送数据包时,簇头节点的最大跳数为

$$E_{\text{comm}} = E_{TX} + E_{RX}, \quad (8)$$

其中 E_{TX} 表示隐式节点的时间消耗, E_{RX} 表示初始功耗损耗.本文采用分组协议实现动态分簇传感网络的节点传输路由设计,如图 2 所示.

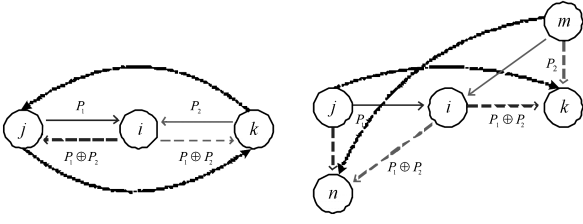


图 2 动态分簇传感网络的节点传输路由设计

2 隐式节点监测优化

2.1 信道均衡控制

隐式节点的路由均衡控制输出为

$$t'_{\text{comm}} = t_{\text{ACK}} + \sum_{i=0}^N (DIFS + C_R^{(i)} \times t_{\text{slot}} + t_{\text{DATA}} + SIFS + t_{T-\text{start}}). \quad (9)$$

利用混合蒙特卡罗算法计算无线传感节点数据, 其转发成功的概率为

$$P_{\text{TX}} = \frac{P_{T-\text{elec}}}{R} \cdot L_{\text{DATA}} + \frac{P_t}{R} \cdot L_{\text{DATA}} + \frac{P_{R-\text{elec}}}{R} \cdot L_{\text{ACK}} + P_{R-\text{start}} t_{R-\text{start}} + P_{T-\text{start}} t_{T-\text{start}}. \quad (10)$$

设动态分簇传感网络中的隐式节点向 Sink 节点发送数据的帧头长度为 h , 动态分簇传感网络的路由由节点传输数据的到达率为 $x_i r_i(x)$. 采用分组协议传输策略计算节点的输出功率的损失, 为:

$$E_{\text{comm}} = \left(\frac{P_{T-\text{elec}} + P_{R-\text{elec}} + P_t}{R} \right) \cdot (L_{\text{DATA}} + L_{\text{ACK}}) + 2(P_{T-\text{start}} t_{T-\text{start}} + P_{R-\text{start}} t_{R-\text{start}}) = k_1 (L_{\text{DATA}} + L_{\text{ACK}}) + 2k_2, \quad (11)$$

其中:

$$k_1 = \frac{(P_{T-\text{elec}} + P_t) + P_{R-\text{elec}}}{R},$$

$$k_2 = P_{T-\text{start}} t_{T-\text{start}} + P_{R-\text{start}} t_{R-\text{start}}.$$

在全网功耗均衡控制下, 对动态分簇传感网络隐式节点进行监测. 在不定开销模型下, 动态分簇传感网络的节点输出占空比为

$$\eta_{\text{comm}} = \frac{k_1 l}{E_{\text{comm}}} (1 - p_{\text{drop}}). \quad (12)$$

利用混合蒙特卡罗算法提取隐式节点输出信息的关联特征量, 得到隐式节点监测的路由动态分簇方程:

$$F(x_i) = \dot{x}_i = \sum_{j \in S, j \neq i} x_j r_j(x) p_j^i(x) - \sum_{j \in S, j \neq i} x_i r_i(x) p_i^j(x) =$$

$$\sum_{j \in S} x_j r_j(x) p_j^i(x) - x_i r_i(x). \quad (13)$$

由方程(13)即可实现对动态分簇传感网络路由分簇模型进行信道均衡控制.

2.2 混合蒙特卡罗算法及监测优化

通过构建动态分簇传感网络隐式节点路由的均衡控制模型, 可获得隐式节点输出信息的关联特征量^[6]. 对动态分簇传感网络中的无线传感节点进行低功耗调度处理, 可得到传感网络的混合蒙特卡罗滤波函数:

$$T_s = \begin{cases} \min\{T \mid t_{\text{now}} + T_p + T_{\text{delay}}(1 - \lambda) + T \in W_{2i+1}\}, & \text{data} = 0; \\ \min\{T \mid t_{\text{now}} + T_p + T_{\text{delay}}(1 - \lambda) + T \in W_{2i}\}, & \text{data} = 1. \end{cases}$$

采用动态均衡控制方法对动态分簇传感网络路径的相邻节点进行置换, 得到隐式节点 i 的邻居变化率定义:

$$N_i = \frac{|N_i(t) \cup N_i(t_{\text{old}})| - |N_i(t) \cap N_i(t_{\text{old}})|}{\Delta t}, \quad (14)$$

$$\Delta t = t - t_{\text{old}}.$$

采用动态分簇传感网络中的路径相邻节点对当前节点 i 进行置换, 其置换的时间间隔为:

$$E'_{\text{comm}} = E'_{\text{TX}} + E'_{\text{RX}},$$

$$E'_{\text{TX}} = N \cdot \frac{P_{T-\text{elec}}}{R} \cdot L_{\text{DATA}} + N \cdot \frac{P_t}{R} \cdot L_{\text{DATA}} + N \cdot P_{T-\text{start}} t_{T-\text{start}} + E_{\text{TX}},$$

其中 N 为最优子节点数. 令路径相邻节点置换链路 $W(p) = G_T p^2 - Cp + \alpha T$, 于是可得隐式节点分簇调度的代价函数:

$$t_{\text{comm}} = DIFS + t_{\text{backoff}} + t_{\text{DATA}} + SIFS + t_{\text{ACK}} + t_{T-\text{start}};$$

$$t_{\text{backoff}} = C_R \times t_{\text{slot}}, \quad 0 \leq C_R \leq CW.$$

动态分簇传感网络的根节点 A 和路径相邻节点 B 的分组转发控制特征量为 $W(p)$. 由于动态分簇传感网络中隐式节点的监测配置输出需满足动态性要求, 因此本文设定随机采样区间为 $p \in [0, 1]$, 并对节点进行如下监测:

1) 当 $\alpha T > \frac{C^2}{4G_T}$ 时, $W(p)$ 恒大于 0, 即动态分簇传感网络的输出链路稳定性达到最优, 动态分簇传感网络相邻节点的分布特征值与 p 无关.

2) 当 $2G_T \leq C, C - G_T < \alpha T < \frac{C^2}{4G_T}$ 时, 利用

混合蒙特卡洛计算节点邻居的临界值. 在演化稳定状态下, 节点分组转发特征与 p 无关;

3) 当 $\alpha T < C - G_T$ 时, 择优选取 N_{\max} 个邻居, 提取隐式节点输出信息的关联特征量, 调制阈值 p 使之满足 $p < \frac{C - \sqrt{C^2 - 4\alpha TG_T}}{2G_T}$, 分析网络隐式节点的规则性特征量. 当 $W(p) > 0$ 成立时, 节点调度监测, 以使隐式节点分布处于稳定状态.

4) 在 $2G_T > C, C - G_T < \alpha T < \frac{C^2}{4G_T}$ 时, 模糊指向性系数 p 满足 $p < \frac{C - \sqrt{C^2 - 4\alpha TG_T}}{2G_T}$ 或 $p > \frac{C + \sqrt{C^2 - 4\alpha TG_T}}{2G_T}$, 此时向量量化编码的统计特征值满足 $W(p) > 0$, 邻居变化率达到 $\hat{x}_2^* = 1$.

根据上述步骤, 即可实现对网络隐式节点信息的监测.

3 仿真实验与结果分析

实验以 $400\text{ m} \times 400\text{ m}$ 二维平面作为动态分簇传感网络的节点分布区域. 动态分簇传感网络的信息采集幅值为 12 V , 相似度特征系数为 1.24 ; 动态分簇传感网络中, 无 Sink 节点的初始覆盖半径为 12 m , 有损功耗为 $P_e = 0.03$; 检测统计特征值 $P_d = 0.024$; 网络传输的初始时延为 0.26 s , 负载为 $2\,400\text{ Kb/s}$. 其他参数如表 1 所示.

表 1 仿真参数	
参数	取值
传输比特 $R_0/(\text{Kb/s/Hz})$	3 000
动态分簇传感网络隐式节点能量 $E_0/(\text{Kb/s/Hz})$	200
邻居节点分簇数	30
负载-功耗比 F_{N+1}	1.24
动态分簇传感网络协议	IEEE 802.15.4
Sink 节点的初始位置	(0,0)
吞吐量 $\eta_0/(\text{b/s/Hz})$	1.53

根据上述无线传感器节点参数的设定, 进行动态分簇传感网络监测, 得到图 3 所示的隐式节点的定位检测结果. 根据该定位结果, 利用混合蒙特卡罗算法进行特征检测和信息提取, 并分析网络隐式节点的规则性特征量, 得到节点的动态跟

踪监测曲线, 如图 4 所示.

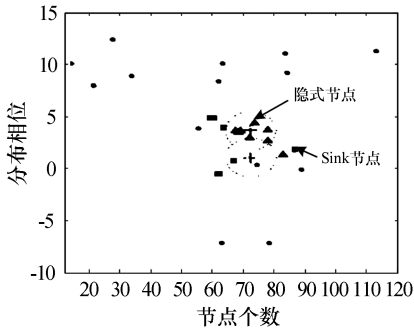


图 3 隐式节点定位检测输出

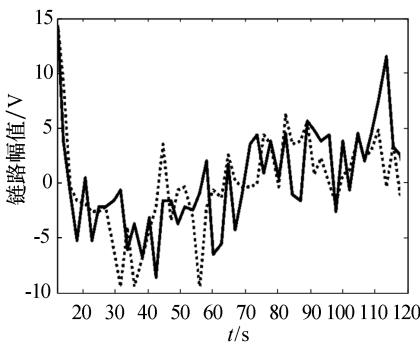


图 4 网络隐式节点的动态跟踪监测输出曲线

图 4 中, 实线代表本文方法的动态跟踪监测输出曲线, 虚线代表实际的动态跟踪监测输出曲线. 分析图 4 得知, 本文方法的监测曲线与实际的监测曲线基本接近, 表明本文方法的动态跟踪网络隐式节点的监测性能较好.

不同方法测试所得的网络隐式节点的监测丢包率如图 5 所示. 由图 5 得知, 本文方法的最高丢包率仅为 0.05 , 而蚁群算法和 PEAS 算法的最高丢包率分别为 0.29 和 0.48 , 这说明本文方法对网络隐式节点的监测效果优于蚁群算法与 PEAS 算法.

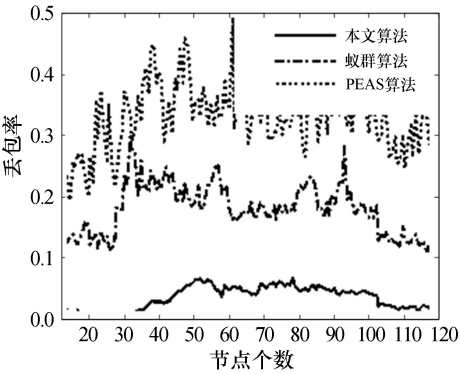


图 5 不同方法的数据包转发丢包率

超标率超过 50%。

3)延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度逐日变化曲线呈锯齿状,具有明显的尖峰和深谷,尖峰处的 $PM_{2.5}$ 日均浓度高于相邻深谷。在 1 月、2 月、3 月、11 月和 12 月,各空气监测站点的 $PM_{2.5}$ 日均浓度变化剧烈,尖峰处 $PM_{2.5}$ 浓度远高于相邻深谷,其余月份日均值浓度变化相对较小。

4)受污染物排放量日变化和大气湍流扩散能力日变化的影响,延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度日变化曲线在春季、夏季、秋季和冬季都呈现双峰双谷型,其中冬季波动最大,其次为秋季和春季,夏季最小。

5)延吉市 $PM_{2.5}$ 浓度与各类气象要素之间存在显著的相关性,且季节不同其相关性也存在差异。

参考文献:

[1] 魏复盛,滕恩江,吴国平,等.我国 4 个大城市空气 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染及其化学组成[J].中国环境监测,2001,17(特刊):1-6.
[2] 张金良,高健,刘喆,等.2013 年灰霾事件及其对北京市医院成人门急诊量影响的描述性研究[J].环境

与健康杂志,2014,31(10):853-859.
[3] 刘翠玲,常艳君.鲑鱼圈地区污染气象特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(1):29-33.
[4] 黄菁莲.石河子市空气质量状况及动态变化分析[J].山西建筑,2007,33(15):358-359.
[5] 刘晓峰.改善兰州大气质量的建议[J].职业与健康,2002,18(6):94-95.
[6] 赵娜,贾秀丽.近 10 年辽阳市大气环境质量及污染趋势分析[J].气象与环境学报,2007,23(3):50-53.
[7] 王英伟.长春市大气污染防治对策[J].吉林林业科技,2001,30(6):34-36.
[8] 孟燕军,程丛兰.影响北京大气污染物变化的地面天气形势分析[J].气象,2002,28(4):42-47.
[9] 柳长冀,杨柏生.成都市冬季大气污染气象条件预报方法[J].四川气象,1995,53(3):10-14.
[10] 张睿,蔡旭辉,宋宇.北京地区大气污染物时空分布及累积效应分析[J].北京大学学报(自然科学版),2004,40(6):930-938.
[11] 王占山,李云婷,陈添,等.2013 年北京市 $PM_{2.5}$ 的时空分布[J].地理学报,2015,70(1):110-120.
[12] WANG J H, OGAWA S. Effects of meteorological conditions on $PM_{2.5}$ concentrations in Nagasaki, Japan[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(8):9089-9101.

(上接第 48 页)

4 结语

实验验证表明,本文提出的基于混合蒙特卡罗算法的网络隐式节点的监测方法,其最高丢包率仅为 0.05,低于蚁群算法(0.29)与 PEAS 算法(0.48),说明本文方法对网络隐式节点监测的输出控制性能较好,具有一定的实际应用价值。今后我们将研究进一步缩短网络隐式节点监测时间的方法,以提高监测网络隐式节点的效率。

参考文献:

[1] 郑宝林,唐惠康,谭营军.舰船通信网络中的移动脆弱节点定位与实现[J].舰船科学技术,2017,39(2A):103-105.

[2] 朱清超.多跳吞吐量分析及邻节点实时估计算法设计[J].计算机应用,2017,37(9):2484-2490.
[3] 廖福保,张文梅.改进的基于蚁群算法的非均匀分簇路由协议[J].计算机测量与控制,2017,40(4):36-38.
[4] 魏明东,何小敏,许亮.基于能量优化的无线传感器网络动态分簇目标跟踪[J].计算机应用,2017,37(6):1539-1544.
[5] 王楚捷,王好贤.M-CORD 下无线接入网络资源分配研究[J].计算机工程与应用,2018,54(22):92-98.
[6] 王清,龚晓峰,雒瑞森.基于圆阵虚拟阵列平移的相干信源数目估计[J].计算机工程,2018,44(9):78-82.