

复杂生物传感网络的节点优化定位模型仿真

闫艳霞¹, 崔建华²

(1 郑州轻工业学院 电子信息工程学院, 河南 郑州 450000;

2 洛阳师范学院 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471022)

摘 要: 根据复杂生物传感器网络节点的定位和数据监测的需要, 构建生物传感网络的模型, 设计了基于强跟踪滤波的集中式扩维量化融合算法. 该算法采用预加重方法补偿节点之间的系统功率衰减, 通过动态跟踪信号功率的变化, 得到传感器融合中心最终的节点定位状态信息矩阵; 通过强跟踪滤波, 提高抗干扰能力, 实现传感网络节点定位模型改进. 结果表明, 采用该算法进行复杂生物传感网络节点定位, 能有效提高节点定位的准确性, 定位误差较小, 定位时间较快, 稳健性和抗干扰性较好.

关键词: 生物传感网络; 节点定位; 滤波; 仿真

中图分类号: TN915.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)02-0129-04

Node Optimization Localization Model Simulation of Complex Biological Sensor Network

YAN Yan-xia¹, CUI Jian-hua²

(1 College of Electronic and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry,

Zhengzhou 450002, China; 2 College of Electronic and Information Engineering,

Luoyang Normal University, Luoyang 471022, China)

Abstract: According to the need of the positioning of complex biological sensor network node and data monitoring, a biological sensor network model is constructed, the fusion augmenting quantization algorithm is designed based on strong tracking filtering algorithm, the algorithm uses pre attenuation through the change tracking signal power dynamic, sensor fusion center is computed to get the final node localization state information matrix, with strong tracking filter, it can improve anti-interference ability, achieve node localization in sensor network model for improvement. Simulation results show that this algorithm is used for complex biological sensor network node location, it can effectively improve the accuracy of node positioning, positioning error is small, it has fast positioning time, the robustness and anti-interference performance is better.

Key words: biological sensor networks; node localization; filter; simulation

1 引言

生物传感器网络节点定位分为距离有关和距离无关两种, 后者定位误差大. 常用的定位算法是通过求解方程组进行节点定位, 算法不能满足生物传感器网络自组织组网的特征, 对生物传感器网络的 Sink 节点位置部署考虑欠妥^[1,2]; 文献[3]中提出一种基于 PSO 的分布式迭代定位算法, 采用 TCP/IP

思想对生物传感器网节点性能进行扩展, 采用协议堆栈对节点进行约束与管理, 但算法没有考虑如何减少定位误差的传播, 定位精度不高; 文献[4]中提出采用 CDLPSO 算法进行优化, 明确了拓扑控制研究的问题和设计目标, 然后分别从功率控制和睡眠调度两个方面介绍代表性的研究工作, 在生物传感自组网 WSN 模型中采用自适应均衡模型对节点信息进行信息熵特征捕获, 进行定位, 但该算法使用粗

$$D_2(u) = N_2(u) \cap MIS \quad (6)$$

采用带宽约束和量化阈值的方法进行传感器定位约束条件描述为

当 $f(x_{id}(t-1)) - \mu_d < -Th$:

$$v_{id}(t) = wv_{id}(t-1) + Crand(pb_{est_{id}}(t-1) - x_{id}(t-1)) \quad (7)$$

当 $f(x_{id}(t-1)) - \mu_d > Th$:

$$v_{id}(t) = wv_{id}(t-1) + Crand(gb_{est_d}(t-1) - x_{id}(t-1)) \quad (8)$$

连通图 G, V 表示网络节点集, V^2 表示任意两点边集, 设传感器节点之间的间距 d , 生物船帆节点信道传递原始衰减补偿误差率, 从而得到生物传感网络节点定位的强跟踪滤波定位估计问题描述为如下迭代模型:

$$x(k+1) = A(k)x(k) + \Gamma(k)w(k) \quad (9)$$

$$z_i(k) = H_i(k)x(k) + u_i(k), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

式中, $x(k) \in R^{n \times 1}$ 为目标状态, $A(k) \in R^{n \times n}$ 为状态转移矩阵. 进一步设计复杂生物传感器节点定位的强跟踪滤波结构模型如图2所示.

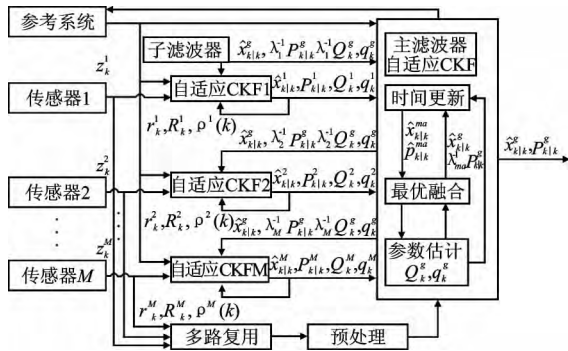


图2 复杂生物传感器节点定位的强跟踪滤波结构

图2中, 各传感器之间相互独立, 传感器网络是由部署在监测区域内的多个传感器网络节点构成, 由此实现了强跟踪滤波定位估计及节点定位模型总体设计, 进行强跟踪滤波, 提高抗干扰能力, 为实现复杂生物传感网络节点优化定位提供准确的数据和模型基础.

3 节点优化定位改进算法实现

在上述总体模型构建和复杂生物传感网络及节点定位估计预处理的基础上, 采用强跟踪滤波设计进行抗干扰抑制, 提高节点定位的准确性, 分析传统方法得出, 传统的传感器节点, 传统方法采用正交频分复用技术, 采用直调直检的方法实现节点定位, 很容易导致相邻节点信道间频谱主瓣重叠, 定位不准.

针对上述问题, 本文提出一种基于强跟踪滤波距离估计的复杂生物传感网络节点融合定位算法. 假设融合中心已获得 $k-1$ 时刻的信息状态融合估计 $\hat{y}(k-1 | k-1)$ 和相应的信息矩阵 $Y(k-1 | k-1)$, 引入强跟踪滤波思想, 得到复杂生物传感网络系统是一个 n 阶多输入多输出系统, 描述如下:

$$y^{(n)} = f(y^{(n-1)}, \dots, y, t) + \Delta f(y^{(n-1)}, \dots, y, t) + d(t) + b(y^{(n-1)}, \dots, y, t)u \quad (11)$$

式中, $y \in R^m$ 为复杂生物传感网络输出向量; $f \in R^m$ 为已知的复杂生物传感网络的节点定位设计函数, $u \in R^m$, 在复杂生物传感网络中其互相关函数平均向量矩阵的秩满足 $\text{rank}(b) = m$; 通过节点定位时间更新-状态估计等式来预测时间 t_{k+1} 时的状态 $\hat{x}_{k+1}^-$, 为

$$\hat{x}_{k+1}^- = F(\hat{x}_k^+) \quad (12)$$

周期性方波在复杂生物传感器网络节点超势能非均匀分布条件下, I_{SM} 替换成 V_{SM} , 计算随机的过载边, 得到复杂生物传感节点定位方程为

$$K_{k+1} = P_{k+1}^-(P_{k+1}^- + R_k)^{-1} = \frac{P_{k+1}^-}{P_{k+1}^- + R_k} \quad (13)$$

通过上述分析, 得到生物传感网络的每个节点分配一个时间片的节点组合, 该节点在监测点连通性信息表征空间中的竞争集定义如下:

$$CS(u) = N(p(u)) \cup (\bigcup_{v \in N(u) \setminus CH(u)} CH(v)) \setminus \{u, p(u)\} \quad (14)$$

生物传感网络信道的选择权值 $sw(u)$, 用一个三元组表示为

$$\epsilon_i(i, j) = \frac{\alpha_i(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)} \quad (15)$$

把上式可以改写为复杂多状态下的生物传感网络分布模型, 令 $x_1 = y, x_2 = \dot{y}, \dots, x_n = y^{(n-1)}$, 得到新的生物传感网络的节点定位控制方程为

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}(X, t) &= \dot{CE} - C\dot{P}(t) \\ &= C \cdot [e^T \ddot{e}^T \dots e^{(n)T}]^T - C \cdot \\ &\quad [\dot{p}(t)^T \ddot{p}(t)^T \dots P^{(n)}(t)^T]^T \\ &= C_n[e^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k[e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n[x_1^{(n)} - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \\ &\quad \sum_{k=1}^{n-1} C_k[e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \\ &= C_n[\dot{x}_n - x_{1d}^{(n)} - p^{(n)}(t)] + \sum_{k=1}^{n-1} C_k[e^{(k)} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & p^{(k)}(t)] \\
 & = C_n[f(X, t) + \Delta f(X, t) - x_{1d}^{(n)} - p(t)^{(n)}] + \\
 & \sum_{k=1}^{n-1} C_k[e^{(k)} - p^{(k)}(t)] \quad (16)
 \end{aligned}$$

式中, $X = [x_1^T, x_2^T \cdots x_n^T]^T = [\dot{x}_1^T, \dot{x}_1^T \cdots \dot{x}_1^{(n-1)T}]^T$, 测量值 z_{k+1} 的测量更新—估计更新方程, 利用 z_{k+1} 对估计算法进行更新得到

$$\hat{x}_{k+1}^+ = \hat{x}_{k+1}^- + K_{k+1}(z_{k+1} - \hat{x}_{k+1}^-) \quad (17)$$

生物传感网络接收端和发送端数据的信息熵作为信道传递向量函数, 为

$$\begin{aligned}
 f_{lg-M}(z) &= (f_{lg}(z), f_{lg-x}(z), f_{lg-y}(z)) \\
 &= (f_{lg}(z), h_x * f_{lg}(z), h_y * f_{lg}(z)) \quad (18)
 \end{aligned}$$

考虑一类噪声相关的网络融合跟踪系统, 融合中心已获得 $k-1$ 时刻的信息状态融合估计 $\hat{y}(k-1|k-1)$ 和相应的信息矩阵. 基于强跟踪滤波的集中式扩维量化融合算法, 设计基于强跟踪滤波距离估计的复杂生物传感网络节点融合定位算法, 得到滤波器的系统函数为

$$x(k+1) = \Phi(k)x(k) + J(k)\tilde{M}(k) + \tilde{w}(k) \quad (19)$$

其中,

$$J(k) = \Gamma(k)\tilde{B}(k)R^{-1}(k) \quad (20)$$

强跟踪滤波扩维过程噪声 $\tilde{w}(k)$ 的方差为

$$\begin{aligned}
 \tilde{Q}(k) &= E[\tilde{w}(k)\tilde{w}^T(k)] = \\
 & \Gamma(k)[Q(k) - \tilde{B}(k)R^{-1}(k)\tilde{B}^T(k)]\Gamma^T(k) \quad (21)
 \end{aligned}$$

设 $I_k = \{u_i, z_i\}_{i=1}^k$ 表示传感器节点在 k 时刻的所有控制性输入和量测的集合, 通过动态的跟踪信号功率的变化, 得到传感器融合中心最终的节点定位状态信息矩阵为

$$\begin{cases} \hat{y}(k|k) = \hat{y}(N, k|k) \\ Y(k|k) = Y(N, k|k) \end{cases} \quad (22)$$

最后, 通过计算上述信息矩阵的互协方差, 估计当前时刻的系统状态, 实现定位优化.

4 仿真实验与分析

为了验证本文提出基于强跟踪滤波距离估计的复杂生物传感网络节点融合定位算法的性能, 进行仿真实验, 仿真得到连续 5 个 1 s 时间内得到的传感器多个阵元节点采集的信号冲击响应如图 3 所示.

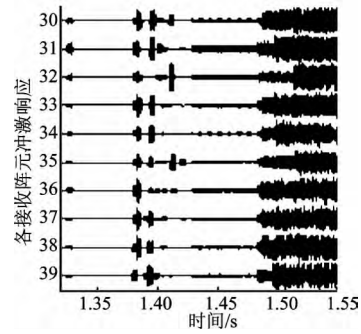


图 3 生物传感器多个阵元节点采集的信号冲击响应

以上述采集的样信号样本为基础, 进行复杂生物节点的定位, 设计滤波器, 进行强跟踪滤波, 进行节点数定位模型算法设计, 通过强跟踪滤波, 提高抗干扰能力. 在全局覆盖区域中, 在以 -20 dB 高斯色噪声和 -30 dB 白噪声混杂的非常态干扰下, 采用本文算法和传统的正交频分复用算法, 进行复杂生物传感网络的节点定位, 采用本文算法, 能在强烈的非常态干扰下实现对节点的准确定位, 而传统方法很容易导致相邻节点信道间频谱主瓣重叠, 定位不准. 而本文算法能有效滤除信道间频谱干扰, 定位精度较高. 为测试算法性能, 采用 1000 次蒙特卡洛实验, 以定位准确率为测试指标, 得到定位精度对比结果如图 4 所示, 从图中可见, 采用本文算法, 能有效提高复杂生物传感网络的节点定位准确性, 定位误差较小, 定位时间较快.

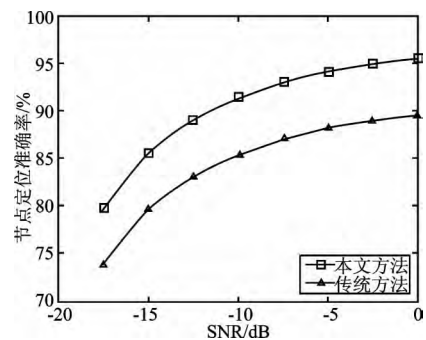


图 4 不同噪声下的节点定位准确率

5 结束语

本文设计了基于强跟踪滤波的集中式扩维量化融合算法, 通过动态的跟踪信号功率的变化, 得到传感器融合中心最终的节点定位状态信息矩阵, 通过强跟踪滤波, 提高抗干扰能力. 研究结果得出, 采用本文算法能有效提高复杂生物传感网络的节点定位准确性, 定位误差较小, 定位时间较快. 下一步可以

(下转第 137 页)

力,具有较高应用价值.

参考文献:

- [1] 张红英,彭启琮. 数字图像修复技术综述[J]. 中国图象图形学报,2007,12(1):1-10.
- [2] Stauffer C, Grimson W. Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking[C] // Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, Colorado, 2009, 2: 246-252.
- [3] C. C. Pang, W. L. Lam and H. C. Yung. A Novel Method for Resolving Vehicle Occlusion in a Monocular Traffic image sequence [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, 5 (3): 129-141.
- [4] 陆凯,李成金,赵勋杰,等. 一种快速的亚像素图像配准算法[J]. 红外技术,2013, 35(1): 27-30.
- [5] 郭迎春,袁浩杰,吴鹏. 基于 Local 特征和 Regional 特征的图像显著性检测[J]. 自动化学报,2012, 38(9): 1513-1519.

- [6] 郭哲,张艳宁,林增刚. 多信息融合的多姿态三维人脸面部五官标志点定位方法[J]. 计算机学报, 2012, 35 (1): 163-170.
- [7] 杨琴,齐越,沈旭昆,等. 一种快速的三维扫描数据自动配准方法[J]. 软件学报,2010, 21(6): 1438-1450.
- [8] 沈民奋,陈家亮,代龙泉等. 基于图像分解和区域分割的数字图像修复[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23 (9):11-17
- [9] 罗海驰,李岳阳,孙俊. 一种基于自适应神经模糊推理系统的图像滤波方法[J]. 计算机科学, 2013, 40 (7): 302-306.
- [10] 杜辉. 基于小波变换的彩色图像中快速人脸检测算法[J]. 科技通报,2012,12(28):89-90.

作者简介:

卢东兴 男,(1974-),硕士,实验师.研究方向为网络与信息安全、软件开发、图形图像处理. E-mail: hunter2011@fox-mail.com

(上接第 132 页)

从如何对各代之间测得的距离进行合理的处理以减少高斯噪声的影响入手,进一步提高定位精度.

参考文献:

- [1] 沈海洋. 基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法研究[J]. 微电子学与计算机,2013,30(3):148-151.
- [2] 张学. 无线网络的拓扑控制[J]. 软件学报, 2007, 18 (4): 943-952.
- [3] 柳虹,周根贵,傅培华. 分层供应链复杂网络局部演化模型研究[J]. 计算机科学, 2013, 40(2) 270-273.
- [4] Zhou Yan, Li Jian-xun, Wang Dong-li. Target tracking in wireless sensor networks using adaptive measurement quantization [J]. Science China Information Sciences,2012, 55(4):827-838.
- [5] Xu Jian, Li Jian-xun, Xu Sheng. Data fusion for target tracking in wireless sensor networks using quantized innovations and Kalman filtering [J]. Science China Information Sciences, 2012, 55(3):530-544.
- [6] Masazade E, Niu Rui-xin, Varshney P. Dynamic bit allocation for object tracking in wireless sensor net-

works [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2012, 60(10):5048-5063.

- [7] 郭金瑞,朱德智,代月花,等. 波束域特征空间自适应波束形成算法[J]. 系统仿真学报, 2011, 23 (1): 142-145.
- [8] 李全忠,黄济宇,罗丽平,等. 基于 MMSE 准则的 MIMO 多中继系统线性收发机设计[J]. 电子学报,2012, 07(2):1323-1327.
- [9] 刘刚. 基于 MIMO-OFDM 协作系统的中继混合选择合并算法[J]. 西南科技大学学报,2012,6(3):78-83.
- [10] Rong Yue. Joint Source and Relay Optimization for Two-Way Linear Non-Regenerative MIMO Relay Communications [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2012, 60(12): 6533-6546.

作者简介:

闫艳霞 女,(1980-),硕士研究生,讲师.研究方向为传感器与精密测量.

崔建华 女,(1981-),博士研究生,讲师.研究方向为网络传感器. E-mail: Zzyanzi802@163.com