



基于修正粒子群优化算法的医疗设备 物联网辅助定位系统设计

王 旭

(北京市大兴区人民医院,北京 102600)

摘要:为加强医疗设备管理效果,设计了基于修正粒子群优化算法的医疗设备物联网辅助定位系统,提升了辅助定位效果,利用射频识别智能阅读器感知标签内记录的医疗设备信息,通过 ZigBee 网络传输感知的医疗设备信息与阅读器坐标信息至网络传输层;应用层中医疗设备辅助定位模块计算医疗设备坐标;通过卡尔曼修正机制和修正粒子群算法优化医疗设备坐标得到最佳的医疗设备辅助定位坐标。实验结果表明,该系统可有效感知医疗设备信息,实现医疗设备辅助定位,且辅助定位精度较高;在种群数量为 40 时,该系统的辅助定位时间较短,辅助定位时需要的功耗较低。

关键词:修正粒子群;优化算法;物联网;辅助定位系统;射频识别

中图分类号: TP393.02

文献标识码: A

Design of Medical Equipment IoT Aided Positioning System Based on Modified Particle Swarm Optimization Algorithm

Wang Xu

(Beijing Daxing District People's Hospital, Beijing 102600, China)

Abstract: In order to strengthen the management effect of medical equipment, an Internet of Things auxiliary positioning system for medical equipment based on modified particle swarm optimization algorithm is designed to improve the auxiliary positioning effect. Utilizing an RFID intelligent reader to perceive the medical device information recorded in the tag, and transmitting the perceived medical device information and reader coordinate information to the network transmission layer through the ZigBee network. The medical equipment auxiliary positioning module in the application layer calculates the coordinates of medical equipment. Optimize the coordinates of medical equipment through Kalman correction mechanism and modified particle swarm optimization algorithm to obtain the optimal auxiliary positioning coordinates of medical equipment. The experiment proves that the system can effectively perceive medical device information, achieve auxiliary positioning of medical devices, and the auxiliary positioning accuracy is high. When the population is 40, the auxiliary positioning time of the system is shorter, and the power consumption required for auxiliary positioning is smaller.

Keywords: modified particle swarm; optimization algorithm; Internet of Things; auxiliary positioning system; RFID

0 引言

医院规模逐渐扩大,导致医疗设备种类与数量也随之提升,这就加剧了医疗设备管理难度^[1-3]。为加强医疗设备管理效果、提升设备清点效率,需设计医疗设备辅助定位系统,实时了解设备的位置信息^[4],避免丢失。

戴丽等利用层叠样式表(Cascading Style Sheets, CSS)技术与边缘计算技术,建立医疗设备辅助定位系统,通过优化定位滤波算法对辅助定位结果进行优化,提升医疗设备辅助定位精度,该系统可精准定位不同区域的医疗设备^[5]。严洪立等依据增强现实技术建立医疗设备辅助定位系统,该系统可有效辅助定位医疗设备,对于医疗设

备辅助定位技术的研究具有一定的意义^[6]。但这两个系统易受环境影响,导致医疗设备辅助定位的稳定性较差,影响辅助定位效果,且这两个系统进行辅助定位时的功耗较高。

为此,设计基于修正粒子群优化算法的医疗设备物联网辅助定位系统,可以精准辅助定位医疗设备。

1 医疗设备物联网辅助定位系统

1.1 系统结构

在物联网技术基础上,设计医疗设备物联网辅助定位系统^[7],系统结构如图 1 所示。

感知终端内包含医疗检测设备与治疗设备等需要辅

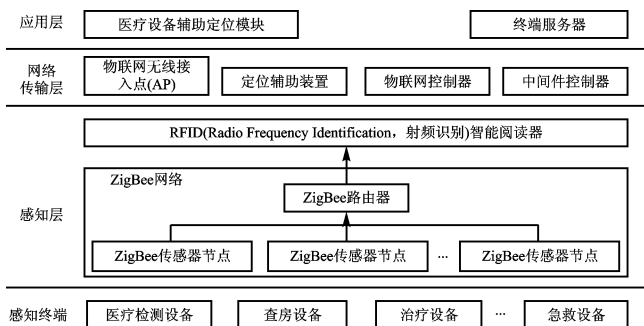


图1 医疗设备物联网辅助定位系统

助定位的设备,在每个设备外壳上各安装一个有源射频识别技术(Radio Frequency Identification,RFID)标签。

1.2 医疗设备信息感知的 RFID 智能阅读器

感知层中利用 RFID 智能阅读器感知医疗设备信息,RFID 智能阅读器的结构如图 2 所示。

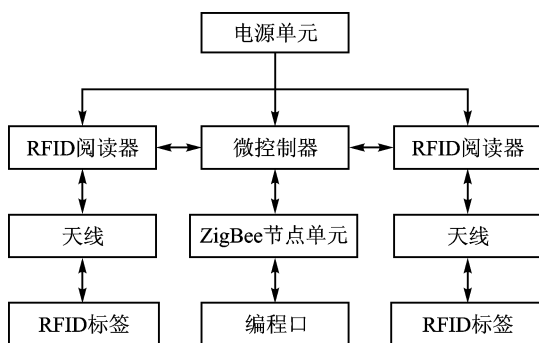


图2 RFID 智能阅读器

由图 2 可知,阅读器识别到有源 RFID 标签后,会存储该标签内已存储的医疗设备信息与阅读器坐标信息,对其进行解调与解码后,将可靠的医疗设备信息与阅读器坐标信息经由 ZigBee 节点单元传输至网络传输层。阅读器具备读写和加密通信功能。

1.3 基于修正粒子群优化算法的医疗设备辅助定位方法

应用层内医疗设备辅助定位模块利用 RSSI 测距技术与修正粒子群优化算法完成设备辅助定位,其中,信标节点代表 RFID 阅读器。

利用 RFID 阅读器节点的自校正机制调整有源 RFID 标签的辅助定位结果,即医疗设备辅助定位结果,对 RSSI 测距技术进行改进,利用改进 RSSI 测距技术辅助定位医疗设备,获取医疗设备有源 RFID 标签的坐标,具体步骤如下:

① 通过 ZigBee 网络与 RFID 智能阅读器组建 RFID 无线传感器网络,令每个 RFID 阅读器向附近广播数据包时的功率一致,其中数据包内包含医疗设备信息与 RFID

阅读器的坐标信息。

② 利用三边测量法计算医疗设备有源 RFID 标签的坐标 (x_0, y_0) ,公式如下:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_a - x_c)2(y_a - y_c) \\ 2(x_b - x_c)2(y_b - y_c) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_a^2 - x_c^2 + y_a^2 - y_c^2 + d_c^2 - d_a^2 \\ x_b^2 - x_c^2 + y_b^2 - y_c^2 + d_c^2 - d_b^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,3 个 RFID 阅读器的坐标是 (x_a, y_a) 、 (x_b, y_b) 、 (x_c, y_c) ,这 3 个 RFID 阅读器能够接收同一个有源 RFID 标签的医疗设备信息;3 个 RFID 阅读器至该医疗设备有源 RFID 标签的距离为 d_a, d_b, d_c 。

③ 利用 RFID 阅读器的自校正机制校正步骤②获取的 (x_0, y_0) ,具体原理为:将 RFID 阅读器看成待辅助定位的医疗设备有源 RFID 标签实施辅助定位,令利用步骤②获取的第 i 个 RFID 阅读器坐标为 $(\hat{x}_i, \hat{y}_i)$,已知 RFID 阅读器坐标为 (x_i, y_i) ,第 i 个 RFID 阅读器的横、纵坐标辅助定位误差为 $\bar{E}_x = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \hat{x}_i)}{m}$ 与 $\bar{E}_y = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)}{m}$,其中,

RFID 阅读器数量为 m 。

若 RFID 阅读器的坐标辅助定位误差与医疗设备有源 RFID 标签的坐标辅助定位误差一致,则医疗设备有源 RFID 标签的横坐标 $\hat{x} = x_0 + \bar{E}_x$,纵坐标为 $\hat{y} = y_0 + \bar{E}_y$ 。

虽然 RFID 阅读器自校正机制能够提升医疗设备辅助定位精度,但还会存在一定的误差,公式如下:

$$E_i(\hat{x}, \hat{y}) = \sqrt{(x_i - \hat{x})^2 + (y_i - \hat{y})^2} - d_i \quad (2)$$

式中,第 i 个 RFID 阅读器至医疗设备有源 RFID 标签的测量距离为 d_i 。

为了减小医疗设备辅助定位误差,可将医疗设备的辅助定位问题转变成最优化问题,利用修正粒子群算法对医疗设备辅助定位结果进行优化,获取精度更高的医疗设备辅助定位结果。

令修正粒子群优化算法内的适应度计算公式如下:

$$F_i = d_i E_i(\hat{x}, \hat{y})^2 \quad (3)$$

利用修正粒子群算法优化医疗设备辅助定位结果的具体步骤如下:

① 初始化粒子群,利用式(3)计算各粒子的适应度 F_i ,寻找 F_i 最小的粒子对应的全局极值 G_a 与个体极值 G_b 。

② 计算粒子的惯性权重 w ,公式如下:

$$w(h) = \frac{(w_1 - w_2)h^2}{h_{\max}^2} - w_1 \quad (4)$$

式中,迭代次数为 h ,其最大值为 $h_{\max}$; w 的初始值与最终值为 w_1, w_2 。

更新粒子速度与位置,公式如下:

$$\begin{cases} v_i(h+1) = \theta w v_i(h) + \eta_1 r_1 (G_b - s_i) + \eta_2 r_2 (G_a - s_i) \\ s_i(h+1) = s_i(h) + v_i(h+1) \end{cases} \quad (5)$$

式中,第 h 次、第 $h+1$ 次迭代后的粒子速度、位置为 $v_i(h)$ 、 $v_i(h+1)$ 、 $s_i(h)$ 、 $s_i(h+1)$;学习因子为 η_1 、 η_2 ;调整因子为 θ ;随机数为 r_1 、 r_2 。

③ 利用卡尔曼修正机制修正粒子更新后的个体极值点,加快算法的搜索效率,令 G_β 与 G_α 间的误差 e 为 $G_\beta - G_\alpha$, e 的协方差为 $\delta_h = \text{cov}(e_h)$; h 次迭代后,修正的当下全局极值点 $G_{\alpha, \text{bewt}}$ 为:

$$\begin{cases} G_{\alpha, \text{bewt}} = G_\alpha(h) + U_i(F_i(h) - F(G_\alpha(h))) \\ U_i = \delta_h \frac{\partial F}{\partial s} \Big|_{s=G_\alpha} \left[\left(\frac{\partial F}{\partial s} \Big|_{s=G_\alpha} \right)^2 \delta_h + Q(h) \right]^{-1} \end{cases} \quad (6)$$

式中,与 G_α 对应的适应度为 $F(G_\alpha(k))$;噪声协方差为 $Q(k)$ 。

对比分析修正后的当下 $G_{\alpha, \text{bewt}}$ 与历史全局极值 G_α 的适应度,若 $G_{\alpha, \text{bewt}}$ 的适应度低于 G_α 的适应度,则由 $G_{\alpha, \text{bewt}}$ 替换 G_α 。

④ 若未陷入局部极值,则将 $G_{\alpha, \text{bewt}}$ 对应的粒子坐标代入式(2),在 $E_i(\hat{x}, \hat{y}) < \epsilon$ 情况下,结束算法,输出全局最佳解,就是医疗设备有源 RFID 标签的坐标,即医疗设备坐标。其中,医疗设备辅助定位误差允许的最大值为 ϵ ,反之,令 $h=h+1$,返回步骤②。

2 实验分析

以某市三级医院为实验对象,该医院包含急诊科、儿科、骨科与口腔科等多个科室,共包含 3 895 台医疗设备,该医院的总建筑面积将近 29 764 m^2 ,开放床位接近 400 张,员工 360 多人;各诊室的净使用面积不小于 10 m^2 。利用本文系统对该医院内的医疗设备进行辅助定位,为该医院内的全部医疗设备安装有源 RFID 标签,并存储对应医疗设备的相关信息。

以急诊科内的医疗设备为例,医疗设备辅助定位结果如图 3 所示。

由图 3 可知,本文系统可有效对急诊科内的医疗设备进行辅助定位,并通过液晶电视呈现医疗设备的辅助定位结果,帮助医护人员实时了解各科室医疗设备的实时位置。实验结果表明,本文系统可有效辅助定位医疗设备,获取医疗设备的实际坐标。

为分析本文系统利用修正粒子群优化算法对医疗设备辅助定位的优化效果,在该医院内随机选择面积为 500 dm $\times$ 500 dm 的区域,以整个区域的西南角为原点,结合入门方向构建坐标系,利用本文系统对该区域内的医疗设备进行辅助定位,该区域内共包含 53 台医疗设备,本文系统利用修正粒子群算法优化前后的医疗设备辅助定位结果如图 4 所示。



图 3 急诊科内医疗设备辅助定位结果

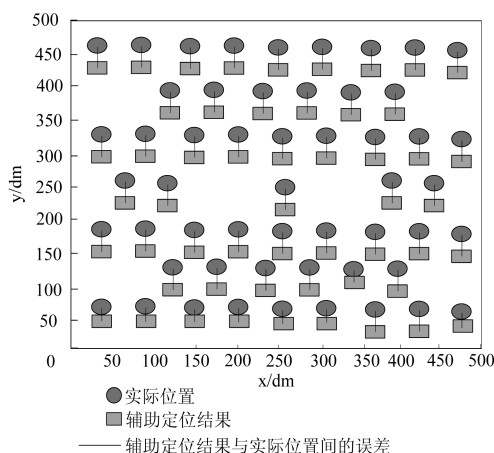
由图 4(a)可知,本文系统优化前可有效辅助定位医疗设备,但辅助定位结果与实际位置间的差距较大;由图 4(b)可知,本文系统优化后的辅助定位结果与实际位置间的误差明显减小,仅有微小的差距,均在 50 dm 以内;由图 4(c)可知,利用参考文献[6]方法优化后,辅助定位结果与实际位置间的误差减小,但程度较小。实验结果表明,利用本文系统经过修正粒子群优化算法优化后,可有效减小医疗设备辅助定位误差。

在不加大医疗设备辅助定位误差的前提下,定位时间越短越好,分析本文系统在不同路径损耗指数以及种群数量时,医疗设备辅助定位时间分析结果如图 5 所示。

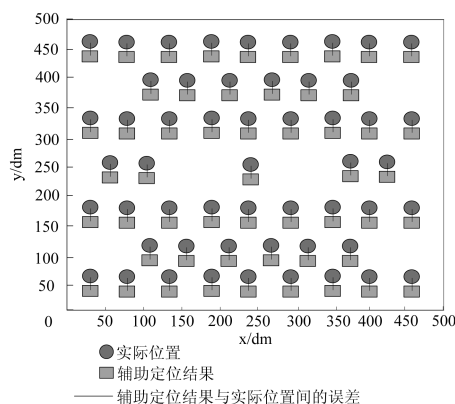
由图 5 可知,随着路径损耗指数的提升,不同种群数量时的医疗设备辅助定位时间均呈下降趋势,若路径损耗指数低于 1.8,3 种种群数量的医疗设备辅助定位时间均迅速下降;若路径损耗指数达到 2.2,3 种种群数量的辅助定位时间均趋于稳定;在不同路径损耗指数下,种群数量为 40 时的辅助定位时间最短。实验结果表明,当路径损耗为 2.2、种群数量为 40 时,本文系统的辅助定位时间最短(为 0.05 s 左右),即此时本文系统辅助定位医疗设备需要的功耗最低。

3 结 语

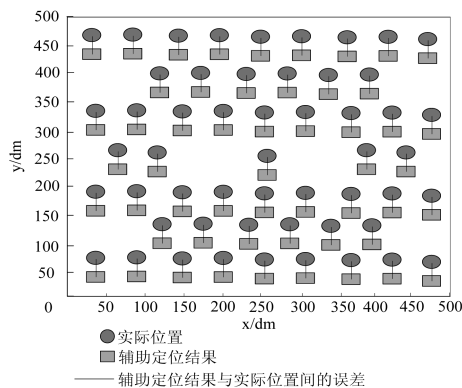
为加强医院医疗设备的管理,设计基于修正粒子群优化算法的医疗设备物联网辅助定位系统,通过感知层感知医疗设备信息,利用网络传输层传输感知的医疗设备信息至应用层,应用层利用修正粒子群优化算法完成医疗设备辅助定位。实验结果表明,本文系统可精准辅助定位医疗设备。在医院内部应用医疗设备辅助定位系统可提升设



(a) 优化前的辅助定位效果



(b) 优化后的辅助定位效果



(c) 参考文献[6]方法优化后的辅助定位效果

图4 优化前后的医疗设备辅助定位效果

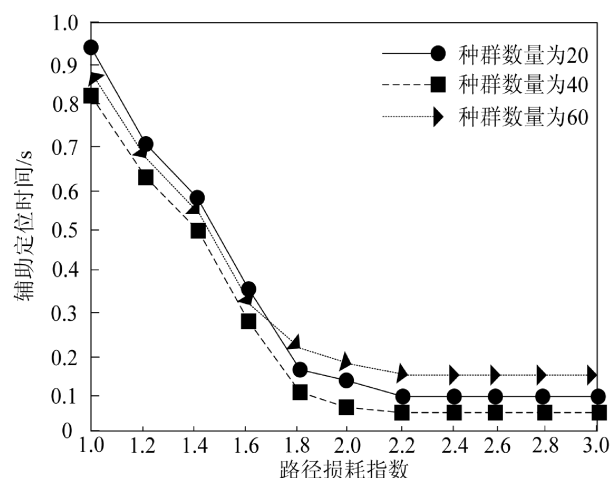


图5 医疗设备辅助定位时间分析结果

备管理人员的医疗设备盘点效率,以及医疗设备盘点准确性。

参考文献

- [1] 陈含蓓,王方良. 计及小信号稳定的医疗设备产品振动信号监测[J]. 计算机仿真, 2020, 37(10): 325 - 328.
- [2] 张章,韦玲玲,闫林,等. 用于植入式医疗设备的高 PSRR 无片外电容 LDO[J]. 微电子学, 2020, 50(1): 55 - 59.
- [3] 胡东海,邵元,陈莹,等. 基于改进粒子滤波的室内自适应定位算法[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(9): 65 - 71, 167.
- [4] 刘岚,刘立,屈爱平,等. 基于物联网定位技术的无人机急诊医疗物流平台建设的研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30(7): 872 - 873.
- [5] 戴丽,袁琴,朱顶贵,等. 基于 CSS 及边缘计算的移动医疗设备定位管理系统研究[J]. 电子器件, 2021, 44(1): 192 - 196.
- [6] 严洪立,关俊文,李永红,等. 基于增强现实理论的神外颅体表定位系统[J]. 生物医学工程学杂志, 2019, 36(3): 428 - 434.
- [7] 刘伟,李卓,杨晓斐,等. 基于 SCE - PSO 的无线传感器网络节点三维定位方法[J]. 传感技术学报, 2019, 32(5): 756 - 761.

王旭(高级工程师),主要研究方向为医院信息化。通信作者:王旭, jjihe05070899@163.com。

(责任编辑:薛士然 收稿日期:2023-05-04)

- [11] 韩宇. 基于 PUF 的密钥存储安全技术[J]. 信息技术与信息化, 2020(12): 3.
- [12] 李森森,黄一才,郁滨,等. 基于物理不可克隆函数的蓝牙密钥生成器[J]. 电子测量与仪器学报, 2018(2): 9.
- [13] 黄春光,程海,丁群. 基于 PUF 的 Logistic 混沌序列发生器[J]. 通信学报, 2019, 40(3): 8.
- [14] Chen S, Li B, Cao Y. Intrinsic Physical Unclonable Function (PUF) Sensors in Commodity Devices[J]. Sensors, 2019, 19(11): 24 - 28.

- [15] Xiong W, Anagnostopoulos N A, Schaller A, et al. Spying on Temperature using DRAM[C]//Proc. of the Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), Florence, Italy, 2019: 13 - 18.

谷敏章(工程师),主要研究方向为芯片信息安全应用。通信作者:谷敏章, 568805843@qq.com。

(责任编辑:薛士然 收稿日期:2023-05-23)