

## 基于物联网智能标签的高值医疗设备全局定位方法

黄载全<sup>1,3</sup>, 吴凯<sup>2</sup>, 卢广文<sup>1</sup>

1. 南方医科大学生物医学工程学院, 广东 广州, 510515; 2. 华南理工大学生物医学科学与工程学院, 广东 广州 511442; 3. 广州医科大学附属第六医院/清远市人民医院, 广东 清远, 511518

**【摘要】目的:**针对现有的高值医疗设备的管理模型仅根据某一部门设备特性进行部署,从而导致其应用于全局部署时模型定位的准确性较差的问题,提出基于物联网智能标签的高值医疗设备全局定位方法。**方法:**将物联网新技术与RFID识别结合,通过识别设备全局定位的标签,提取标签定位数据的特征编码,然后对参数特征编码进行混合式组网控制,构建高值医疗设备全局定位的物联网节点部署模型,接着对设备物联网智能标签部署模型参数进行聚类 and 融合处理。**结果和结论:**采用该方法进行高值医疗设备全局定位的准确性较高,平均准确率为95%,提高了定位部署后的设备利用率,平均设备利用率为90%。

**【关键词】**物联网;智能标签;高值医疗设备;全局定位

**【中图分类号】**R318;TP391

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2021)09-1168-04

## Global positioning of high-value medical equipments based on intelligent tags of Internet of things

HUANG Zaiquan<sup>1,3</sup>, WU Kai<sup>2</sup>, LU Guangwen<sup>1</sup>

1. School of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. School of Biomedical Sciences and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 511442, China; 3. the Sixth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University/Qingyuan People's Hospital, Qingyuan 511518, China

**Abstract: Objective** Aiming at the problem of the existing management model of high-value medical equipments deploys equipments only according to the equipment characteristics of a department, which leads to a low accuracy of model positioning when it is applied to global deployment, a method for the global positioning of high-value medical equipments based on the intelligent tags of Internet of things is proposed. **Methods** Internet of things was combined with RFID. By identifying the tags of the global positioning of the equipments, the feature codes of the tag positioning data were extracted, and then the parameter feature codes were used for hybrid networking control. After that the node deployment model of Internet of things for the global positioning of high-value medical equipments was constructed, the parameters of the intelligent tag deployment model of Internet of things were clustered and fused. **Results and Conclusion** The proposed method achieves a high accuracy of global positioning of high-value medical equipments, with an average accuracy of 95%, which improves the equipment utilization rate after positioning and deployment, with an average equipment utilization rate of 90%.

**Keywords:** Internet of things; intelligent tag; high-value medical equipment; global positioning

### 前言

为加强对高值医疗设备的管理,需要运用不同的技术手段,实现高值医疗设备的优化管理。高值医疗设备定位技术的研究迎合了高值医疗设备的信息化管理需求,因此,医疗设备部署方法在相关研究

领域受到了极大关注<sup>[1]</sup>。

已有研究者提出了一系列的医疗设备部署方法。万志远等<sup>[2]</sup>提出了医院应急资源冗余配置优化模型,基于效用理论对应急资源冗余进行定义和分类,结合粒子群算法和序列二次规划法构建模型,该模型提高了医院应急资源的利用效率。刘伟军等<sup>[3]</sup>通过M/M/C模型分析了医技排程与医疗设备配置的量化关系,对两者的部署方案进行了统筹规划。该模型可高效统筹并优化门诊部门的医疗设备配置。以上两种医疗设备的部署模型具有一定的可行性,但仅针对医院局部医疗设备进行统筹部署,未考虑全局设备的定位与部署情况。

**【收稿日期】**2021-02-15

**【基金项目】**国家重点研发计划(2021YFC2009400, 2021YFC2009404)

**【作者简介】**黄载全,在读硕士,高级工程师,研究方向:智慧医疗与医疗设备管理, E-mail: 35888208@qq.com

**【通信作者】**卢广文,博士,教授,研究方向:智慧医疗及仪器, E-mail: gwlu@smu.edu.cn

针对当前高值医疗设备部署模型研究方面的不足,本文提出基于物联网智能标签的高值医疗设备全局定位方法。运用物联网新技术,识别高值医疗设备全局定位的标签,对高值医疗设备物联网智能标签进行聚类 and 融合处理。将参数融合结果与物联网智能标签的属性类别分析相结合,实现高值医疗设备全局定位。实验结果证明了本文方法在提高高值医疗设备全局定位能力方面具有较高的准确性,且对医疗设备的利用率较高。

## 1 高值医疗设备全局定位的标签特征提取

### 1.1 物联网智能标签参数辨识

采用分块检测技术<sup>[4]</sup>,得到高值医疗设备物联网智能标签识别的网络拓扑式为:

$$Y = 1 - \frac{H_a - \log_2 k}{c_a(H_a - l)} \quad (1)$$

其中, $H_a$ 为分支接口数, $k$ 为标签数据的链路数量, $c_a$ 为标签间最短路径长度, $l$ 为数据冗余值。

基于高值医疗设备物联网智能标签识别的网络拓扑式,在网络连通状态下,高值医疗设备物联网智能标签识别的模糊隶属度函数描述为:

$$y(t) = \frac{H_a - \log_2 k}{t(Y + l)} + \sum_{a=1} c_a t \quad (2)$$

其中, $t$ 为物联网识别的医疗设备节点个数。结合RFID(Radio Frequency Identification)<sup>[5]</sup>实现标签与目标设备间的非接触式数据通信,计算公式如式(3)所示:

$$\beta = \sum_{a=1} c_a t + \frac{[M - d + y(t)]}{\log_2 k} \quad (3)$$

其中, $d$ 为设备标签的输出稳态参数, $M$ 为存储器载波信号。基于非接触式数据通信结构,得出层次化基站输出信号为:

$$X = \frac{[M - \beta + y(t)]}{\log_2 k} - \sum_{k=1} p_k \quad (4)$$

其中, $\beta$ 表示物联网设备发出的信号波长。

对医疗设备物联网智能标签定位数据进行压缩处理,得到医疗设备物联网智能标签定位的控制器信号输出为:

$$R = \sum_{k=1} p_k + \frac{X^2}{\log_2 p} - (M - \beta) \quad (5)$$

其中, $p$ 为样本数据总体采集时长, $p_k$ 为第 $k$ 条链路上的标签数据采集时长, $X$ 为标签信号的幅度。通过用户-标签方法<sup>[6]</sup>,得到高值医疗设备物联网信标输出为:

$$Z = \sum_{i=k=1} I_k R + \frac{X^2}{\log_2 p} \quad (6)$$

其中, $I_k$ 是第 $n$ 条信道上高值医疗设备物联网标签识别的特征分布值,据上述分析,采用网格分块方法<sup>[7]</sup>,进行输出负载线传感器智能标签的网络定位得到标签识别输出为:

$$T = \sum_{i=1} I_i X + \left( \frac{X^2}{\log_2 p} - \frac{r_i}{Z} \right) \quad (7)$$

其中, $r_i$ 为物联网标签的扩展带宽。综上分析,得到医疗设备物联网智能标签定位的输出负载线传感器网络定位,实现物联网智能标签参数辨识。

### 1.2 标签特征提取

在高值医疗设备表面粘贴高值设备定位/运行监控标签,通过对设备运行状态进行监测,得到高值医疗设备全局定位物联网标签序列的频射信号为:

$$U = \log_3 \varphi \frac{Z}{2T} - \left( \frac{X^2}{\log_2 p} - \frac{r_i}{Z} \right) \quad (8)$$

其中, $\varphi$ 为物联网标签序列的负载调制频率,实时监测高值医疗设备运行状态,得到设备定位的时长特征编码为:

$$F = \log_3 \varphi \frac{\mu}{2T} - \sum_{i=1} \lambda_i \eta_i \quad (9)$$

其中, $\mu$ 表示信号传输到各个区域的几何中心位置的时刻, $\lambda_i$ 为空间采样时间尺度。 $\eta_i$ 为设备标签的时域分布特征点。以时长特征编码为基础,在高值医疗设备的部件表面粘贴高值设备定位/运行监控标签,计算固定时间段内设备定位标签的开机频率特征编码为:

$$J = \sum_{i=1} \lambda_i \eta_i + \frac{F(\eta_i + L_j^2)}{2\theta} \quad (10)$$

其中, $L_j$ 为控制器信息系统的输入信号波长, $\theta$ 为调制解电路中传输的信号频率。基于模糊聚类分析方法<sup>[8]</sup>,得到联合时间序列的模糊聚类函数,输出高值医疗设备的运行速率为:

$$h = \frac{F(\eta_i + L_j^2)}{2T} + (J + \delta^2) \quad (11)$$

其中, $\delta$ 为标签返回的响应信号。根据上述分析,采用RFID标签识别方法<sup>[9]</sup>,得到控制器的协同识别率为:

$$S = \frac{F(\eta_i + L_j^2)}{2T} + \nu h + l(\varepsilon + d^2) \quad (12)$$

其中, $\nu$ 为微处理器信号传输率, $l$ 为逻辑控制电路的响应时间, $\varepsilon$ 为标签无线电射频率, $d$ 为解读器解码率。通过解码标签定位的信号频率,得到物联网标签特征分布概率为:

$$C = (1 - \tau)^2 S + \frac{l(\varepsilon + d^2)}{2T} \quad (13)$$

式(14)中, $\tau$ 为类标签中的顶点值,在融合标签的

多种特征编码后,得到设备全局定位的物联网标签综合特征编码为:

$$N = (1 - \tau)^2 C + \sum_{i=1} \alpha_i p(d^2 - \omega) \quad (14)$$

其中, $\omega$ 表示设备全局定位的传感器节点的通信距离, $\alpha_i$ 为物联网设备标签的数据总量。

在普通医疗设备表面粘贴普通设备定位标签,通过特征分解法<sup>[10]</sup>,实现了对高值医疗设备的特征编码提取。

## 2 高值医疗设备标签全局定位优化

### 2.1 定位设备节点部署

为了实现基于物联网智能高值医疗设备的全局部署,采用全局混合式组网控制方法定位高值医疗设备<sup>[11]</sup>。

在平衡性边界条件下,得到组网控制的设备节点部署为:

$$W = \sum_{i=1} \alpha_i p(d^2 - \omega) - \frac{3E}{\sqrt{2N}} \quad (15)$$

其中, $E$ 为数据信道的覆盖率。

至此根据高值医疗设备全局定位的数据存储节点分布特征,实现了组网控制下的设备节点部署。

### 2.2 标签部署优化

采用分块检测技术<sup>[12]</sup>,实现对高值医疗设备物联网智能标签特征编码的聚类 and 融合处理,得到聚类后的高值医疗设备物联网智能设备节点距离为:

$$B = \frac{S(W - \mu)^2}{1 + \sum_{i=1} \eta_i (d^2 - \omega_b)} - \frac{3E}{\sqrt{2N}} \quad (16)$$

其中, $\omega_b$ 表示聚类后的设备物联网智能标签的最短通信路径,根据节点分布距离计算高值医疗设备全局定位物联网设备部署的重构模型为:

$$D = \frac{(\theta - c_a)}{S(W - \mu)^2} + \frac{B}{\sum_{i=1} \eta_i (d^2 - \omega_i)} \quad (17)$$

综上分析,得到医疗设备物联网智能定位实现结构图如图1所示,图1实时显示设备位置,可检索特定设备,提供设备轨迹跟踪功能,至此,完成了医疗设备物联网智能定位标签的部署优化。

## 3 仿真测试分析

为了验证本文方法在实现高值医疗设备全局定位中的应用性能,进行实验测试分析,高值医疗设备分布的网格区域为 $(500 \times 500) \text{ m}^2$ ,对高值医疗设备监测的节点数为400个,信息采样的时间长度为1 024,训练样本集为8,采用统计分析方法,实时查看设备

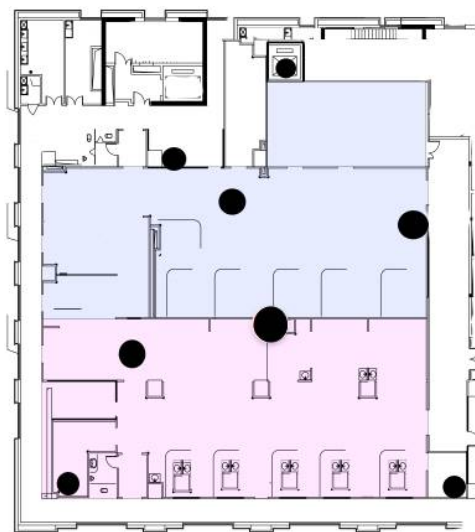


图1 医疗设备的全局定位实现结构图

Fig.1 Structure diagram of global positioning of medical equipments

运行状态以及运行时长,得到统计分析结果如图2所示。

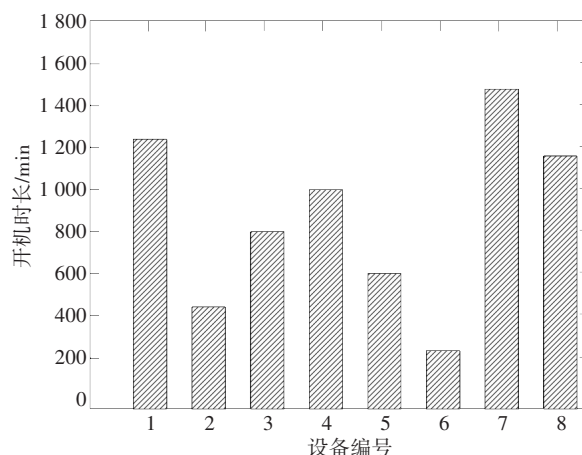


图2 医疗设备的全局定位检测的统计值

Fig.2 Statistical values of global positioning detection of medical equipments

### 3.1 设备定位准确率测试

通过3种医疗设备定位方法对医疗设备的进行全局定位,得到医疗设备定位的准确率对比结果如图3所示。

如图3所示,本文方法在设备定位方面具有较高的准确率,平均准确率在95%左右,而文献[2]与文献[3]方法的准确率相对较低,主要因为本文方法在设计模型的过程中考虑了设备部署的全局性,因此在全局定位过程中准确率较高。

### 3.2 设备利用效率测试

通过3种医疗设备定位方法进行院内医疗设备的全球部署配置后,统计设备的利用效率,对3种方法部署的设备利用率进行对比,得到对比结果如图4所示。



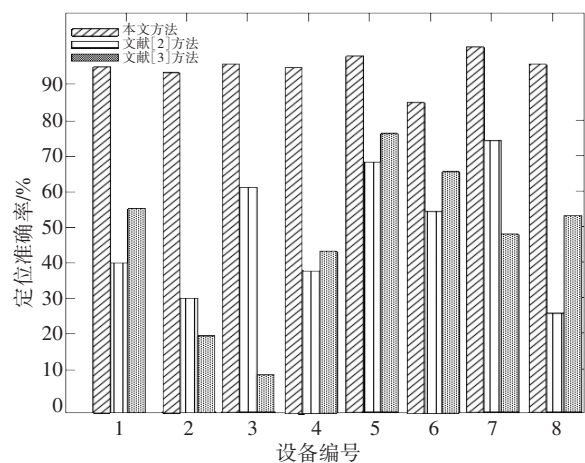


图3 设备定位准确率

Fig.3 Equipment positioning accuracy

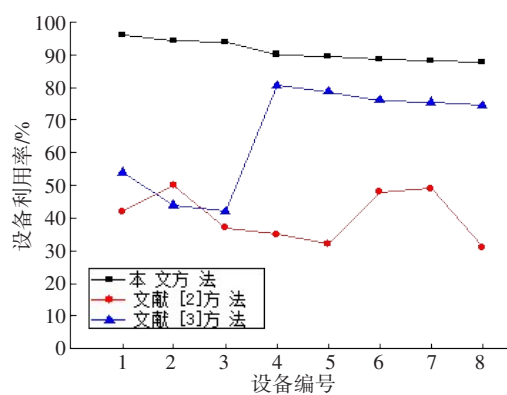


图4 3种方法部署的设备利用率

Fig.4 Utilization rates of equipments deployed by 3 methods

分析图4得知,采用本文方法进行医疗设备的部署后,设备的利用率较高,文献[2]和文献[3]方法部署的设备利用率较低。因为本文方法采用了聚类融合的参数优化方法,使部署后的设备利用率得到提升。

4 结 语

本文提出基于物联网智能标签的高值医疗设备全局定位方法。采用RFID联合特征分解,得到医疗设备物联网智能标签定位输出。采用用户-标签方法,提取高值医疗设备物联网标签特征。利用分块检测技术,实现对高值医疗设备物联网智能标签聚类融合处理,提高了医疗设备物联网定位的准确率与设备利用率,增强了医疗设备的管理能力。但本文方法仍存在一定的局限性,未根据医疗设备在

各个部门的不同特性进行全局性的部署,在后续研究中可通过分析各部门需求,设计更完善的高值医疗设备全局定位方法。

【参考文献】

[1] SUN P, VELENTURF L P, HEWITT M, et al. The time-dependent pickup and delivery problem with time windows[J]. Transport Res B-Meth, 2018, 116(10): 1-24.

[2] 万志远, 刘勤明, 叶春明, 等. 突发事件下的医院应急资源冗余配置优化模型[J]. 计算机应用, 2020, 40(2): 584-588.

WAN Z Y, LIU Q M, YE C M, et al. Optimization model of hospital emergency resource redundancy configuration under emergencies[J]. Journal of Computer Applications, 2020, 40(2): 584-588.

[3] 刘伟军, 邹泽, 邱宾, 等. 基于排队论M/M/C模型的门诊医技排程与医疗设备配置的统筹优化研究[J]. 中国医疗设备, 2020, 35(9): 148-151.

LIU W J, ZOU Z, QIU B, et al. Research on the overall optimization of outpatient medical technology scheduling and medical equipment allocation based on M/M/C model of queuing theory[J]. China Medical Devices, 2020, 35(9): 148-151

[4] 王毅, 尹科. Drager Fabius麻醉机的工作原理及故障维修[J]. 医疗装备, 2020, 33(18): 141.

WANG Y, YIN K. Working principle and fault maintenance of Drager Fabius anesthesia machine[J]. Chinese Journal of Medical Device, 2020, 33(18): 141

[5] 张晓茹, 张著洪. 求解多模态函数优化的微果蝇优化算法[J]. 信息与控制, 2016, 45(3): 361-370.

ZHANG X R, ZHANG Z H. Micro fly optimization algorithm solving multi-modal function optimization[J]. Information and Control, 2016, 45(3): 361-370.

[6] JIANG J, NG K M, POH K L, et al. Vehicle routing problem with a heterogeneous fleet and time windows[J]. Expert Syst Appl, 2014, 41(8): 3748-3760.

[7] AZADEH A, FARROKHI-ASL H. The close-open mixed multi depot vehicle routing problem considering internal and external fleet of vehicles[J]. Transp Lett, 2017, 11(2): 78-92.

[8] XIAO Y Y, KONAK A. The heterogeneous green vehicle routing and scheduling problem with time-varying traffic congestion[J]. Transport Res E-Log, 2016, 88: 146-166.

[9] 陈艳, 王琪, 王佳庆, 等. 粗糙神经网络数据挖掘技术在大型医疗设备故障预警中的应用研究[J]. 中国医学装备, 2020, 17(9): 144-148.

CHEN Y, WANG Q, WANG J Q, et al. Discussion and research of data mining technique based on RSNN in pre-alarm on the fault of large-scale medical equipment[J]. China Medical Equipment, 2020, 17(9): 144-148.

[10] 施骏. 多参数监护仪使用中血压测量故障的处置与分析[J]. 生物医学工程与临床, 2020, 24(5): 624-627.

SHI J. Treatment and analysis of blood pressure measurement faults in multi-parameter monitor[J]. Biomedical Engineering and Clinical Medicine, 2020, 24(5): 624-627.

[11] SHU W H, QIAN W B, XIE Y H, et al. An efficient uncertainty measure-based attribute reduction approach for interval-valued data with missing values[J]. Int J Uncertain Fuzz, 2019, 27(6): 931-947.

[12] 贾博婷, 赵天威, 祝志川. 基于熵值修正G2赋权的综合评价方法及实证[J]. 统计与决策, 2019, 35(8): 30-35.

JIA B T, ZHAO T W, ZHU Z C. Comprehensive evaluation method and demonstration based on entropy modified G2 weighting[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(8): 30-35.

(编辑:薛泽玲)