

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2021.11.015

医学信号处理与医学仪器

基于低功耗蓝牙定位技术的手术室移动设备定位管理系统的设计和实现

梁佳妮, 文志有, 张辉

广东省第二人民医院麻醉科, 广东 广州 510317

【摘要】目的:开发一种基于低功耗蓝牙定位技术的手术室移动设备定位管理系统,用于追踪、查看和管理手术室内常用、贵重的麻醉设备。**方法:**本系统由硬件和软件组成,硬件主要由局域网交换机、蓝牙主机装置、蓝牙从机装置、服务器组成,软件主要是数据库、用户显示界面。利用局域网收集每个房间的蓝牙信号,通过服务器写入数据库,用户在电脑显示界面上搜索需要的设备即可显示位置。**结果:**本系统可以实现和获取医疗设备或仪器的工作位置,定位结果符合要求,系统工作稳定,界面一目了然,所有硬件维护少,体积小,充满1次电可以使用2年。**结论:**本系统解决了手术室内设备的定位问题,目前已在临床中使用,效果满意。

【关键词】低功耗蓝牙;室内定位系统;蓝牙信号;设备;医院信息化

【中图分类号】R318.6

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)11-1400-05

Design and implementation of a positioning management system for mobile equipments in operation room based on Bluetooth low energy positioning technology

LIANG Jiani, WEN Zhiyou, ZHANG Hui

Department of Anesthesiology, Guangdong Second Provincial General Hospital, Guangzhou 510317, China

Abstract: Objective To develop a positioning management system for mobile equipments in operation room based on Bluetooth low energy positioning technology, which is used to track, check and manage common and expensive anesthesia equipments in operation room. **Methods** The system was composed of hardware and software. The hardware mainly included LAN switch, Bluetooth host device, Bluetooth slave device and server; and the software mainly includes database and user display interface. The Bluetooth signal of each room was collected by LAN, and then written into database through the server. The user could locate the required equipment by searching it on the computer display interface. **Results** The system which had good performance in equipment positioning and was stable in running could obtain the working position of medical equipments or instruments, with the advantages of simple and clear interface and lower frequency of hardware maintenance. Moreover, the system was small in size, and it could be used for 2 years once fully charged. **Conclusion** The proposed system solves the problem of equipment positioning in operation room. At present, it has been used in clinic and achieves satisfactory results.

Keywords: Bluetooth low energy; indoor positioning system; Bluetooth signal; equipment; hospital informatization

前言

新时代随着计算机、互联网、物联网技术的迅猛发展,数字化、信息化、智慧化医院等新兴概念应运

而生。医疗仪器设备的自动化和远程化管理是新时代医院的重要管理环节,手术室作为医院危重症患者集中地,具备了医院核心的急救医疗设备^[1-2]。手术室的医疗设备管理水平很大程度上直接影响手术室工作人员的效率和质量^[3],如急诊患者的抢救效率、人员配置的合理分配。因此,如何方便、高效地管理手术室的设备对提高整个医院的救治水平、提高患者的满意度以及提高医护的工作效率、医院的可持续发展起到重要的作用。

目前大部分医院对医疗设备的管理主要通过局域网收集医疗设备信息从而建立“仪器、设备档案”,

【收稿日期】2021-05-17

【基金项目】广东省医学科研基金(A2020532)

【作者简介】梁佳妮,硕士,主治医师,主要从事围术期疼痛管理研究,
E-mail: mzkjenny@163.com

【通信作者】张辉,博士,副主任医师,主要从事急性和慢性疼痛的机制研究, E-mail: zhanghui@gd2h.org.cn

主要包括仪器设备的原机性能、自热状况、设备的原始技术资料、可行性报告、设备操作规程、使用记录、检修记录等^[4-6]。其中设备的使用记录是医务人员最关注的一项内容,包括设备名称、放置地点、使用时间、使用者等详细的信息记录^[7]。在实际工作中,我们发现日常管理工作中存在很多问题:(1)目前大部分手术室内的设备使用情况需要人工登记,不能实时获取设备的位置,人工登记还存在易出错、延后、效率低且成本高的情况;(2)部分医院采用视频监控的方式进行管理。视频监控建设需要的成本较高,监控范围有限,存在监控死角问题,一旦需要查找相关的设备需要消耗大量时间,效率低下^[8-9];(3)基于 WIFI 信号模块的定位装置,耗电量大,产品体积大,需要专业人员频繁地进行维护;(4)射频识别虽然耗电量低、体积小,但是需要专业人员规范操作以及耗费大量资金设置站点才能实现实时监控;(5)GPS 定位卫星信号无法穿透建筑物,由于墙壁等遮挡物的存在且室内环境复杂,卫星信号会产生放射、折射、衰减等现象,使得 GPS 室内定位不准确甚至出现无法定位的现象^[10-12]。因此,这些技术都无法简便、快捷地了解设备的位置,导致无法及时地对设备进行调度和管理。

为解决这个实际问题,本研究自主设计和制作了基于低功耗蓝牙技术定位管理装置。该装置系统体积小、耗电率低、成本低、维护少,很好地解决了手术室移动设备室内定位难的问题。

1 系统设计方案

1.1 手术室环境分析

手术室环境复杂,物品繁多,每个医院的手术室房间多,少则十几个,多则几十个,有的分楼层,有的分片区,就像“迷宫”一样。管理人员想要从这么复杂的环境中找到需要的设备,难度很大^[13-15]。同时这些移动设备因为常用,但是数量少,移动性大,经常出现急用时找不到的情况,造成设备利用率低,医护人员工作效率低。因此,本研究设计的基于低功耗蓝牙技术的定位管理系统可以有效解决这一问题。

1.2 系统整体设计

本研究设计的手术室设备定位追踪管理系统如图 1 所示,该系统主要分为硬件和软件两部分,硬件主要由局域网交换机、蓝牙从机装置、蓝牙主机装置、主服务器组成。蓝牙从机装置固定在需要定位的设备上,蓝牙主机装置固定在每个手术间内。软件主要以查看界面为主,一目了然的界面可以满足不同的应用需求。

1.2.1 硬件条件

手术室的局域网,主服务器一台,配

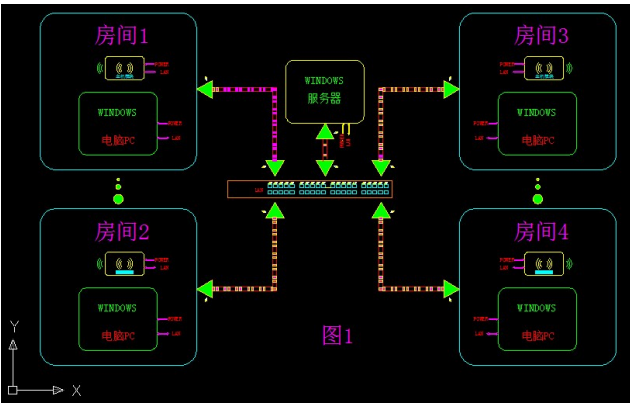


图 1 系统架构框架图
Fig.1 System architecture diagram

置中上,I5:7代以上即可;其他需要查看及搜索设备的电脑若干台,配置中等,I5:2代以上即可。主服务器和所有搜索设备的电脑网口都连接交换机,组成局域网。大中型医院基本都配置了硬件条件,只需要在这些基础条件上搭建我们设计的系统即可。(1)蓝牙从机装置:固定在可移动设备上,发射蓝牙信号(MAC地址用作设备名),传输设备的位置信息。(2)蓝牙主机装置:固定在每个房间,提供房间定位信息。同时扫描从机的蓝牙信号(获取MAC地址和RSSI值),将扫描到的蓝牙信号通过服务器上传到数据库。蓝牙主机装置自身的MAC地址设定为ID号,用于标识房间号。(3)服务器:采用医院布设的服务器,主要将蓝牙主机的MAC地址和从机的MAC地址和RSSI值上传到数据库,绘制成总表,在数据库中完成设备位置的确定。(4)电脑PC:连接服务器,主要用于用户查找所需的设备。

1.2.2 软件条件 (1)C#编写显示界面:主要是显示软件界面,医护人员可以在电脑端进行查找所需要的设备。(2)SQL Server 数据库:每个房间的服务器端(蓝牙主机装置)都会相应有一个接收软件,主要收集房间内的数据建立数据库。

2 系统实现

2.1 蓝牙主机和从机装置

蓝牙主机和从机装置是本系统最主要的技术手段。蓝牙主机装置固定于每个房间内,被用来作为房间定位,区分不同的房间,主要包括单片机、蓝牙主机模块、电源模块。装置成本大概约 300 元,成本低。每个房间配置 1 台一直处于扫描状态的蓝牙主机装置,主要目的是为了标识好所对应的房间号以及作为区分房间的作用,同时扫描蓝牙从机装置的信号。主机会自动、定时扫描房间附近从机的蓝牙模块,基于蓝牙扫描的特性,蓝牙从机装置离蓝牙主

机装置越近,扫描的信号就越强,反之就越弱,蓝牙主机装置扫描后会返回蓝牙从机装置的MAC地址和RSSI值,RSSI值就是电信号的距离值,RSSI值越大,说明离蓝牙主机装置就越近,反之越小,蓝牙的接收能力在空旷的条件下为30 m,在有障碍的情况下为10 m,在屏蔽时为0 m,利用这种特性判断记录,可以实现室内定位^[16-17]。蓝牙主机装置中的蓝牙模块扫描到的数据通过装载在蓝牙主机装置上的单片机传输到主服务器,并将数据写入数据库,绘制成表。单片机主要工作原理如图2所示。

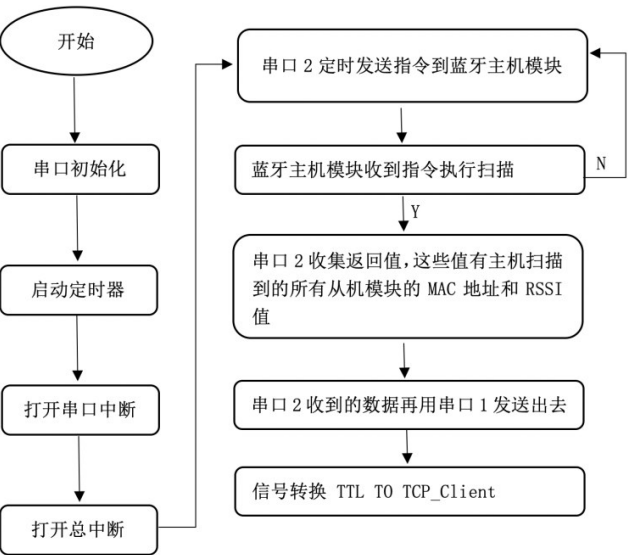


图2 单片机工作原理
Fig.2 Working principle of single-chip computer

蓝牙从机装置相对简单,只需要电源和蓝牙模块即可,主要负责自动、定时发送蓝牙信号。本研究的蓝牙装置体积小,低功耗,充满1次电至少可使用2年,从而减少维护成本。

2.2 主服务器和交换机

每个医院都会有相应的服务器和交换机,服务器系统连接医院的服务器和交换机,既保证安全性,同时也能够保证本系统的正常运行。

2.3 数据库的数据构成

蓝牙主机装置的数据需要写入数据库,并汇总成表后才能在用户电脑软件端进行使用。数据库表里主要收集的有:编码(主键)、ID(房间号)、指令(设备名)、名称(MAC)、信号强度(RSSI值)、时间(扫描到的时间)等。我们在每个房间服务器对应接收软件上收集蓝牙从机装置的MAC地址和RSSI值,而房间号(以蓝牙主机装置的MAC地址作为标签)、设备号(以每个设备上蓝牙从机装置的MAC地址为标签)是提前自带写入的,另外主键也是数据库自行编辑的。数据库的工作模式如图3所示。

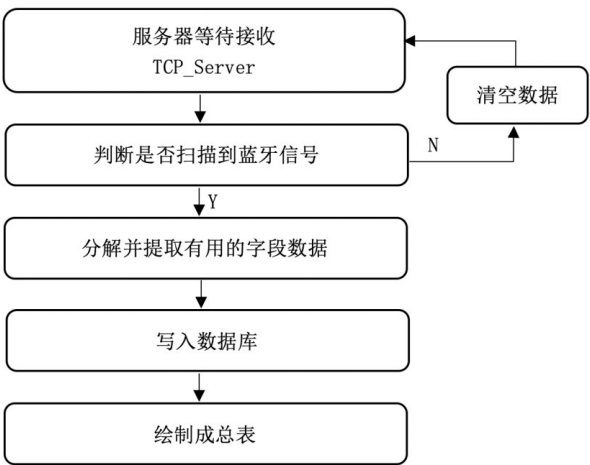


图3 数据库收集数据流程
Fig.3 Flowchart of data collection by database

2.4 显示数据

用户打开软件,软件自动连接数据库,在显示界面(图4)点击需要查找的设备名称,显示界面就会显示设备在哪个房间,同时界面上的相应房间颜色会发生改变,简单方便、一目了然。数据库工作原理是首先通过输入的设备名称查找到相应的预设蓝牙从机装置MAC地址,匹配上设备与MAC地址后,继续查找到该MAC地址出现的最新时间,按照RSSI值大小重新排列1次,结合预设定的房间MAC地址,将排在第1位的ID(房间号)提取出来,这样就可以确定需要查找的设备位置了。当我们需要找某个设备时,在数据库先找到所有含有这个设备名的行数,因为不止一台蓝牙主机扫描到它,所以就有五行,先以最新时间排列,再以信号强度来排列,对应信号最强主机的那个房间,就证明设备就在这个房间,如图5所示。



图4 电脑软件界面
Fig.4 Computer software interface

2.5 系统功能测试

为了直观地显示该系统的可用性,我们在本手术室内环境下进行功能测试,本单位手术室并列14

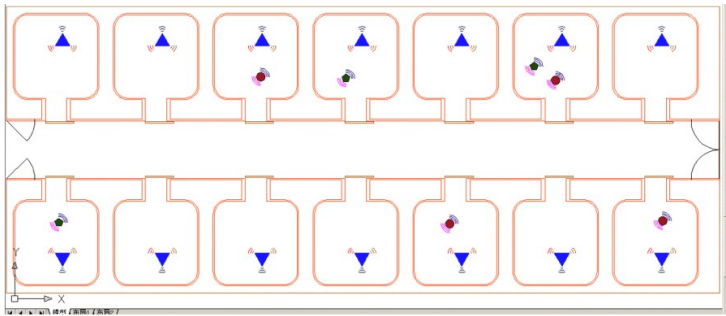


图 5 查找显示界面
Fig.5 Search display interface

个房间(共两层),每个房间面积约 25 m²,每个房间放置了蓝牙主机,分别在房间 4 和房间 14 进行蓝牙从

机测试,在 10 s 内均成功将测试对象找出,结果如图 6 和图 7 所示。

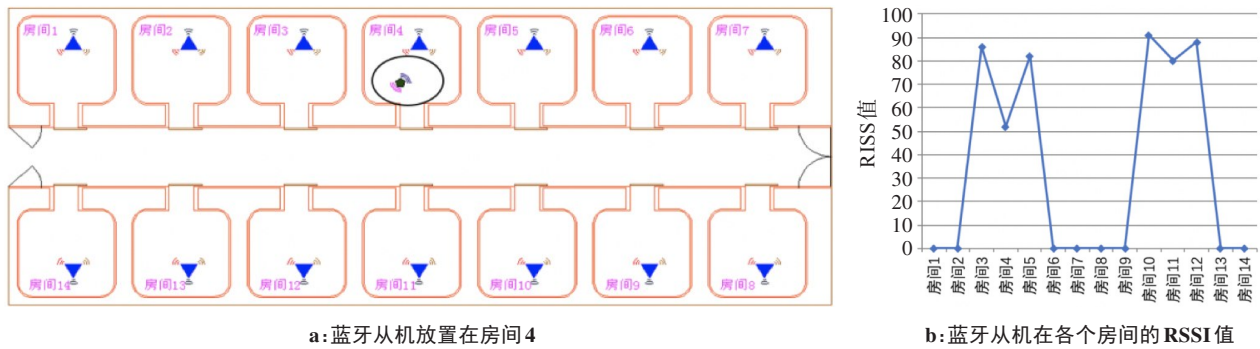


图 6 蓝牙从机放置在房间 4 进行测试
Fig.6 Bluetooth slave is placed in Room 4 for testing

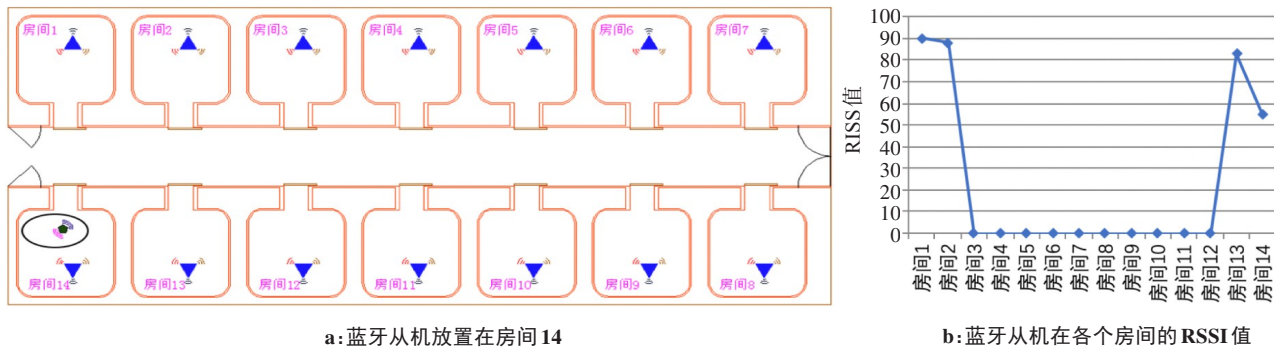


图 7 蓝牙从机放置在房间 14 进行测试
Fig.7 Bluetooth slave is placed in Room 14 for testing

如图 6a 所示,将蓝牙从机装置放置于房间 4 内,10 s 后每个房间的蓝牙主机返回了该从机的蓝牙信号和 RSSI 值(图 6b),房间 1、2、6、7、8、9、13、14 均未扫描到蓝牙从机,所以 RSSI 值为 0,房间 3、4、5、10、11、12 扫描到蓝牙主机,可以看到房间 4 的 RSSI 值最小(离蓝牙主机最近),因此我们就能根据该结果判定蓝牙从机装置在房间 4。

为了证实本系统的可操作性与稳定性,再次将蓝牙从机装置放置在房间 14 进行重复实验,图 7a 中显示

蓝牙从机装置放置在房间 14,10 s 后每个房间的蓝牙主机返回了该从机的蓝牙信号和 RSSI 值(图 7b),房间 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 均未扫描到蓝牙从机,所以 RSSI 值为 0。房间 1、2、13、14 扫描到蓝牙主机,可以看到房间 14 的 RSSI 值最小(离蓝牙主机最近),因此可以根据该结果判定蓝牙从机装置在房间 14。

通过上述实验,我们可以看到本系统的适应性、稳定性与快捷,能够很好地解决医护人员对手术室设备的查找和管理,高效地利用仪器设备。

2.6 自动维护功能

本系统通过局域网收集数据,难免出现网络连接中断或者故障情况。因此我们在服务器软件上设置了在网络连接中断时开启自动重启功能,最大程度保证本系统的正常运行,避免因网络问题出现时导致不能正常工作,减少维护工作量。

3 结 语

建设医疗设备定位系统是今后医疗事业发展的必然趋势^[18-20],但是目前建设智慧化医院所耗费的成本高、时间长^[21]。本研究自主设计和制作的基于低功耗蓝牙技术定位的手术室设备管理系统定位准、低功耗、高稳定性、低成本、小体积以及操作方便的特点,可大范围覆盖。目前本系统已在我科使用半年多,运行良好,平均查找时间约为25 ms,查找成功率约为99.9%,医护人员满意度高。在实际使用中证明了本系统可安全、高效地用于手术室内设备的管理,有效解决手术室设备定位问题,避免因寻找医疗设备影响抢救时间,提高医护人员的整体工作效率。

【参考文献】

- [1] 张永寿,赵晓辰,朱传玉,等.基于医疗设备位置信息管理的追踪定位仪设计与应用[J].中国医学装备,2019,16(2): 89-91.
ZHANG Y S, ZHAO X C, ZHU C Y, et al. Design and application of tracking and locating instrument based on position information management of medical equipment[J]. China Medical Equipment, 2019, 16(2): 89-91.
- [2] 方河炎,郑峰,李大鹏,等.医疗设备定位管理系统的设计[J].医疗卫生装备,2017,38(6): 41-45.
FANG H Y, ZHENG F, LI D P, et al. Development of medical equipment positioning management system[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2017, 38(6): 41-45.
- [3] 吴琼娅,王青丽.手术间物品定位管理的效果[J].现代临床医学,2015,41(2): 139-140.
WU Q Y, WANG Q L. The clinical effect of items location management in operation room[J]. Journal of Modern Clinical Medicine, 2015, 41(2): 139-140.
- [4] 石玉芳,马静,崔福荣.RFID技术在手术室人员设备信息智能化管理中的应用及其临床价值[J].中国卫生标准管理,2017,8(9): 1-3.
SHI Y F, MA J, CUI F R. Application of RFID technology in intelligence management of personnel equipment information in operating room and its clinical value[J]. China Health Standard Management, 2017, 8(9): 1-3.
- [5] 林东晓,林霖,李伟鹏.基于RFID技术的医院设备管理系统的设计与实现[J].中国医疗装备,2013,28(3): 53-55.
LIN D X, LIN L, LI W P. Design and implementation of hospital equipment management system based on RFID[J]. China Medical Devices, 2013, 28(3): 53-55.
- [6] 刘祺,朱秋月,冯莎.室内定位技术的研究综述[J].计算机时代,2016,8: 13-15.
LIU Q, ZHU Q Y, FENG S. Review of indoor positioning technology study[J]. Computer Era, 2016, 8: 13-15.
- [7] 郑玉华.运用“5S”理论规范手术间物品管理的效果评价[J].中国卫生标准管理,2016,7(9): 22-24.
ZHENG Y H. Evaluation of the effect of using "5S" theory to standardize the management of articles[J]. China Health Standard Management, 2016, 7(9): 22-24.
- [8] 张延武,丁效军,王华.手术视频网络监控技术及应用[J].医疗卫生装备,2006,27(7): 34-35.
ZHANG Y W, DING X J, WANG H. Network transmission technology and application of medical video[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2006, 27(7): 34-35.
- [9] 郝梅,孟贻,张力伟,等.手术过程动态监控系统的应用与体会[J].医疗卫生装备,2010,31(5): 43-47.
HAO M, MENG Z, ZHANG L W, et al. Application and experience of dynamic monitoring system of operation process[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2010, 31(5): 43-47.
- [10] 陆叶青,黄海锦,孙妹.智能监控系统在手术室现代化管理中的应用[J].解放军医院管理杂志,2014,21(3): 274-275.
LU Y Q, HUANG H J, SUN M. Application of intelligent monitoring system in modern management of operation room[J]. Hospital Administration Journal of Chinese People's Liberation Army, 2014, 21(3): 274-275.
- [11] 张玲,邱军.无线定位技术在门诊信息系统中的应用研究[J].医学信息学杂志,2013,34(9): 34-38.
ZHANG L, QIU J. Application research of wireless location technology in outpatient information system[J]. Journal of Medical Informatics, 2013, 34(9): 34-38.
- [12] 周军华,任坚,吴文生,等.一种新型室内自适应复合定位系统的设计与应用[J].中国医疗设备,2015,30(11): 81-83.
ZHOU J H, REN J, WU W S, et al. Design and application of a new-type indoor adaptive composite positioning system[J]. China Medical Devices, 2015, 30(11): 81-83.
- [13] 张玉梅,顾志丽,高申,等.基于射频识别的手术麻醉用药监控系统的研制与应用[J].药学实践杂志,2014,32(4): 278-281.
ZHANG Y M, GU Z L, GAO S, et al. Development and application of modular medicine cabinet system for operational narcotics based on the awareness of RFID technology[J]. Journal of Pharmaceutical Practice, 2014, 32(4): 278-281.
- [14] 余瑶,赵体玉,刘俊雅.基于RFID技术的麻醉药品管理系统设计与应用[J].中国数字医学,2017,12(12): 30-32.
YU Y, ZHAO T Y, LIU J Y. Design and application of the narcotic drug management system based on RFID technology[J]. China Digital Medicine, 2017, 12(12): 30-32.
- [15] 李丽娜,马俊,徐攀峰,等.RFID室内定位技术研究综述[J].计算机应用与软件,2015,32(9): 1-3.
LI L N, MA J, XU P F, et al. Summary of study on RFID indoor localisation technology[J]. Computer Applications and Software, 2015, 32(9): 1-3.
- [16] 张宝山,童紫原,唐守峰,等.基于RSSI的室内定位技术综述[J].计算机时代,2018,7: 1-4.
ZHANG B S, TONG Z Y, TANG S F, et al. Overview of RSSI based indoor positioning technologies[J]. Computer Era, 2018, 7: 1-4.
- [17] MA W K, VO B N, SINGH S S, et al. Tracking an unknown time-varying number of speakers using TDOA measurements: a random finite set approach[J]. IEEE Trans Signal Proces, 2006, 54(9): 3291-3304.
- [18] 陈修治,陈燕乔,苏泳娴.基于谷歌地球和GPS的物品定位跟踪系统[J].计算机工程与设计,2011,32(9): 3014-3018.
CHEN X Z, CHEN Y Q, SU Y X. Objects location and tracking system based on Google Earth and GPS[J]. Computer Engineering and Design, 2011, 32(9): 3014-3018.
- [19] TAO Y F, CHEN H K, XIAO X K, et al. ANGEL: enhancing the utility of generalization for privacy preserving publication[J]. IEEE Trans Knowl Data Eng, 2009, 21(7): 1073-1087.
- [20] 曹佳,严培辉,刘江华,等.高精度低功耗室内外无缝定位的实验室物品追踪管理系统设计[J].实验室研究与探索,2019,38(6): 235-238.
CAO J, YAN P H, LIU J H, et al. Design of laboratory item tracking management system based on high precision and low power indoor and outdoor positioning technology[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2019, 38(6): 235-238.
- [21] 许俊杰,陈军.基于物联网的智慧医疗系统及其发展应用[J].中国医疗设备,2017,32(10): 118-121.
XU J J, CHEN J. Development and applications of smart health care system based on internet of things[J]. China Medical Devices, 2017, 32(10): 118-121.

(编辑:陈丽霞)