

医院患者及医护人员空间区域定位系统的研究

敦煌俊秋, 汤福南, 张可, 袁鉴辞, 刘宾, 朱松盛*, 吴小玲*

(南京医科大学生物医学工程系, 江苏 南京 211166)

[摘要] **目的:** 医院患者及医护人员空间定位新系统, 实现对目标的空间定位。**方法:** 以 RFID 电子标签为核心, 使用 RF8506 作为读卡单元同 CC2530 无线单片机构成 ZigBee 终端设备, 安置在病房出入口并记录患者是否出入房间, 通过协调器组建网络, 实现定位及显示。**结论:** 该系统也可看做一种空间的模糊定位, 此定位监控方式区别于摄像监控, 又区别于 GPS 定位等精确定位方式, 保护了医院患者及医护人员的隐私, 实现了在空间楼层中的区域定位, 简化医院病房管理, 减轻医护人员的工作负担。

[关键词] 空间定位; RFID; ZigBee 网络; 病房管理

[中图分类号] R318.6

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2017)02-154-06

doi: 10.7655/NYDXBNS20170204

Research on space positioning system for hospital patients and medical staff

Dunhuang Junqiu, Tang Funan, Zhang Ke, Yuan Jianci, Liu Bin, Zhu Songshen*, Wu Xiaoling*

(Department of Biomedical Engineering, NJMU, Nanjing 211166, China)

[Abstract] **Objective:** The hospital space positioning system for patients and the medical staff, which is used to achieve the goals of spatial orientation, is a new application of ward management. **Methods:** The system uses the RFID tag as the core and the RF8506 as the reader unit, which constitutes the ZigBee terminal device with the CC2530 wireless single-chip computer. The terminal devices were placed in the ward entrance to recorded whether the patients went out of the room. The network was set up by coordinator, and positioning and display function were realized by computers. **Conclusion:** The space positioning system can be seen as a fuzzy space positioning. It is different from video surveillance and the existing flat pinpoint ways such as GPS, because it protects the patient's privacy and it achieves the regional location of floor space. From above, the system can simplify the management of hospital ward and reduce the workload of medical staff.

[Key words] spatial orientation; RFID; ZigBee; ward management

[Acta Univ Med Nanjing, 2017, 37(02): 154-159]

现阶段医院病房管理水平参差不齐, 国内外差异较大。医院在住院病房管理上仍然是在安排好患者住院床位后, 在服务台或护士站登记, 每天探访病员实行纸笔或者计算机登记。值班护士需要在规定的时间进行查房工作, 防止患者离开病区, 以及无关人员滞留病房; 对于一些神经精神疾病患者, 如不能进行 24 h 看护, 可能造成患者离开限定区域后, 对该患者以及他人造成不必要伤害的事故。

针对诸多问题, 国内三甲医院在挂号、开药、缴

费等环节运用条形码技术, 通过扫描条形码, 与医院内部的医院信息系统(hospital information system, HIS)系统相连接, 获取患者身份及疾病信息。条形码的出现虽然加快了医院数字化的发展, 但条形码的使用需要主动扫描, 且耐用性不足, 仍然存在诸多弊端。

国外关于住院病房的管理, 麻省总医院经过几年的对射频身份识别(RFID)技术的测试使用(追踪手术室的患者和工作人员)之后, 现在将 RFID 技术放在整个波士顿地区的医疗诊所里使用, 提升了就医效率; PureRFid 公司在美国推出一款 RFID 产品, 帮助用户追踪有可能走失的患者。这套防丢系统可作为一个声音警报安装在医院出口处, 当 RFID 腕

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(61401217); 江苏省自然科学基金青年基金(BK20140900)

*通信作者 (Corresponding author), E-mail: bmewxl@163.com, zhu_songsheng@163.com

带配戴者靠近门口时系统会触发警报;印度孟买的 SevenHills 医院选择了 Ruckus 无线自动化实时数据采集系统, 以此即时获取患者的信息并减少失误, 这些系统保证了医院患者及医护人员的安全, 却没有真正做到空间定位^[1-2]。美国已经实行了应用于婴儿的实时定位 RFID 技术, 并设计了婴儿与母亲的对应关系, 有效避免了婴儿抱错^[3]。西门子公司为了追踪手术中的医疗人员, 在手术前, 给每位医疗人员都佩戴上一个主动式 RFID 卡, 当护士和医生进入手术室时, 读写器将记录下 ID 号和进入时间, 手术后医疗人员交还 RFID 卡并由读写器再次记录下各个 ID 号和时间, 这样读写器就可以记录下手术的开始和结束时间。在手术过程中, 读写器还可以记录每个员工的位置^[4]。由台湾政府资助的在医院应用 RFID 试点工作发现在医疗机构开发 RFID 应用具有重要意义^[5]。

1 系统总体设计

本系统是一种用于对住院患者和医护人员空间定位的设计, 其主要功能在于: 对佩戴身份识别电子标签的目标在医院建筑内部的空间进行定位, 此定位区别于摄像头监控定位, 在保护患者隐私的前提下, 了解病员的位置状况; 又区别于 GPS 等平面精确定位方式, 不仅能够记录目标在建筑内部的平面位置, 还能够定位患者正在活动的楼层, 即实现大楼内部的空间定位。

整个空间定位系统由 3 部分组成, 分别是读取信息的 ZigBee 终端设备、数据中转设备和计算机。具体数据流向是: 安装在各个病房出入口的 ZigBee 终端设备读取各人员佩戴的 RFID 身份识别卡片, 然后发送至病区每层安置的协调器, 由与协调器通过串口相连接的计算机, 进行信息处理、定位计算及界面展示。其系统框图如图 1 所示。

2 定位终端设备和信息传输

2.1 终端设备

定位终端设备由医院患者或医护人员佩戴的 RFID 身份识别卡片和定位终端组成。其中身份识别卡是用于将佩戴者身份信息转化成数据信息的无源 RFID 卡片。在读卡设备的射频信号激励下, 卡片信息可以被读取。本系统采用 Mifare 卡片, 该卡片是目前世界上使用量最大、技术最成熟、性能最稳定、内存容量最大的一种感应式智能 IC 卡。具有操作简单便捷, 抗干扰能力强, 可靠性高, 价格低廉

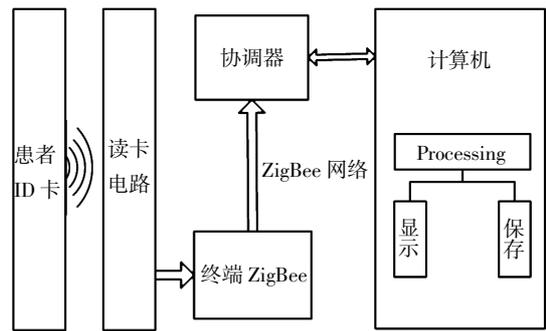


图 1 医院患者及医护人员空间定位系统框图

Figure 1 The block diagram of space positioning system for hospital patients and medical staff

等优点^[6-7], 在本系统对目标空间定位时, 需要患者或医护人员佩戴制作成腕带式的 Mifare 卡片。

安装在各个病房出入口的定位终端, 其功能在于读取佩戴者身份信息, 记录目标是否进入或离开房间, 并通过 ZigBee 网络发送至与电脑连接的协调器。具体工作流程是: 当医院患者或医护人员通过病房门口时, 安置在病房出入口的节点中的读卡器 (RF8506), 会从患者身上的电子标签片上得到其卡号, 并通过两个读卡器标记该患者在此房间的出入状态。读卡器读取出入口处 ID 卡片信息, 通过串口通信传送至无线射频单片机 (CC2530), 该无线射频单片机通过读卡器数据记录患者或医护人员进入或离开房间, 并将其对应的协调器发送病房位置信息, ID 卡片身份信息、目标进入或离开信息。

该设备硬件部分是由两个读卡器 (RF8506)、无线射频单片机 (CC2530) 组成。RF8506 是应用于 125 kHz, EM4001 格式的长距离读卡器, 其读取距离可超过 70 cm, 如果使用长距离卡, 最长可以使读出距离达到 110 cm, 它的优异性能主要有自动调谐和数字信号处理, 这些性能有效增加了读出距离并减少了杂讯振荡和干扰^[8]。CC2530 单片机是一款完全兼容 8051 内核, 同时支持 IEEE 802.15.4 协议的曲线射频单片机^[9]。

在实际读取卡片信息时, 可能出现 3 种特殊情况。

①当病房门口同时出现多名人员出入的情况, 需要读卡设备快速的防冲突读卡, 现有读卡防冲突机制主要有: 面向时隙、面向比特的防冲突机制, 本系统按照帧时隙 ALOHA 算法的设计思路^[7], 在流程中参照 char PcdAnticoll (unsigned char * pSnr) 作为防冲撞函数原型, 设计了读卡设备采用延后一段时间读卡方法, 来同时读取多张进入射频区域的卡片。可以直线在固定的极短时间内, 每张进入射频

读卡范围的卡片仅被读取 1 次。

比如在 5 张卡片的情况下,防冲突算法示意如图 2 所示。图中每一个方块代表当前时间位置进入读卡区域的一张卡片,因此读卡器在每一个时间位置区域里读取卡片的情况有 3 种:成功读取、空状态和重叠状态,即成功读取一张卡片、无卡片读取和多张卡片可读取的情况。图中 Card1 在第 1 次读取过程中已经成功读取,发生重叠的 Card2、Card3 会保留一张在原始时间位置,另一张 Card3 会被要求延时一小段时间再次应答,Card4、Card5 的重叠情况同样操作,在第 2 次读卡中则成功读取了 Card2、Card4,但是 Card3、Card5 在第 2 次读取中发生重叠,把 Card3 保留在原始时间位置,Card5 被要求延时一小段时间再次应答,到第 3 次读卡时没有重叠状态出现的卡片,即判定该段时间内进入读卡区域的卡片被全部读取。

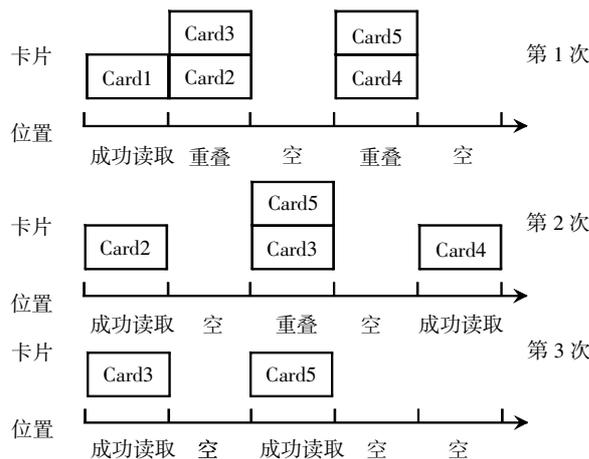


图 2 防冲突读卡算法示意图

Figure 2 The schematic diagram of card reading algorithm for collision avoidance

通过上述传输方法及可以实现“多卡同读”,该读取方式并非在同时读取多张卡片,实际是在极短的时间内逐个读取,达到同时读取多张卡片的效果,现有技术已能达到在短时间内不冲突地读取 1 000 张卡片^[10],相对于病房出入口,短时间内同时出现超过 3 人的,即 3 人并排出入的情况已经极为罕见,因此通过该方式足够应对实际情况下多人出入病房的情况。

②当读卡设备在使用过程中,在读卡时出现复杂的金属环境时,可能会出现无法读取卡片的情况,本系统使用过程中会出现少量金属干扰读卡设备的情况,如患者乘坐轮椅或担架、移动病床等情况。

金属对于由 RFID 卡片(标签)和读卡设备组成

系统的影响主要在屏蔽和反射两个方面,屏蔽会使读卡设备无法读取到金属标签的信息,而反射则增强了读卡信号,为减少金属带来的屏蔽效应,首先,本系统将读卡设备安置在房间入口的顶部,从侧面和底部读卡都有可能被金属屏蔽。其次,经过实验及资料数据表明^[11]:当金属同电子卡片(或标签)完全贴合时,无法读取到卡片信息,因为金属完全的吸收了射频信号给卡片发送的能量。当卡片与金属产生缝隙后就能读取到卡片,随着两者间距增大,读取率不断提高,因而不会读卡失败。如表 1 所示。

表 1 RFID 卡片同金属表面间距与读卡设备读取率关系实验结果

Table 1 The results of the relationship between the spacing card with metal surface and the read rate of reader device

卡片与金属表面间距(mm)	读取率(次/s)					均值
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	3.6	3.8	2.8	3.0	3.8	3.4
3.0	4.6	4.1	5.4	3.6	4.1	4.4
4.0	4.8	4.9	4.8	5.7	5.7	5.2
5.0	5.1	5.1	5.9	5.6	6.1	5.6
6.0	7.0	6.3	5.9	6.0	6.7	6.4
7.0	6.1	6.5	6.7	6.8	6.9	6.6
8.0	6.7	7.0	6.6	6.5	6.8	6.8
9.0	6.7	6.6	7.7	7.0	6.8	7.0
10.0	7.5	6.8	6.9	6.9	6.5	7.0

反观医院病房出入口的环境,会出现轮椅担架等较为复杂的金属环境,由于人体构造及轮椅担架的表面形状,患者或医护人员佩戴的 RFID 卡片无法做到同金属完全贴合(间距超过 2 mm),因此仅仅影响读取速率,而没有丢失卡片信息。同时,在极短时间内进出病房的人员不超过 3 人。通过将读卡设备安置在顶部后系统的测试,读取成功率达到 99%,证明读卡设备足以应付医院病房的金属环境。

③当患者或医护人员移动到病房门口,进入系统设计的读卡区域,最终却没有进入或离开病房的情况。该情况下,如仅在病房入口设置单一的读卡设备,则不能够准确提供病员进入或离开房间的信息。

本系统中,每个病房出入口的 ZigBee 终端设备配有前后距离相近的两个读卡器,以某病房入口为例,入口外侧顶部安置读卡器 A,内侧顶部安置读卡器 B,通过实测证明,当距离控制在大于正常门的厚

度时(>6 cm),即可实现两读卡器的读卡区域几乎没有重叠或仅有极少区域重叠。当 A、B 两个读卡设备先后读取到同一卡片的信息时,能够判断目标是否进入或离开房间,否则将不向协调器发送目标位置变更的数据,定位算法在下文详细介绍。

2.2 ZigBee 网络组建

系统信息传输使用的是 2.4 GHz ZigBee 无线协议,因此能使用很少的设备,不改变医院原有布局即可实现部署。病区每层安置的协调器,同 ZigBee 终端设备采用相同的无线射频单片机(CC2530),是用于组件 ZigBee 无线网络,并接受各个 ZigBee 终端设备发送的病房位置信息、ID 卡片身份信息、目标进入或离开信息,同时向已连接的计算机发送数据。

ZigBee 的单点传输距离并不远,不超过 100 m,在多遮挡的建筑物内部,其传输距离不会小于 10 m,但是建立 ZigBee 无线网络后可以实现协调器传输之间的中继,对于多点组成的无线网络,其传输距离可以覆盖整座建筑。本系统中,病区每层采用 ZigBee 无线网络中继通讯连接,而楼层与楼层之间采用计算机有线网络连接,建筑与建筑之间同样采用有线连接,从而实现对建筑的网络全覆盖。

ZigBee 无线网络的建立流程是:协调器启动及建立网络,终端节点启动及加入网络,协调器允许绑定,终端节点发送绑定请求,协调器处理绑定请求并发送绑定响应,终端节点接收并处理绑定响应,最后终端节点发送数据,协调器接收数据,通过串口将数据传送至已连接的计算机程序^[12]。

2.3 信息传输

无线网络与医疗仪器的相互干扰和影响取决于设备的摆放位置、发射频率、输出功率以及设备自身的抗干扰能力^[13]。医院常见的医疗仪器工作频率如表 2 所示。

表 2 医院常见医疗设备工作频率

Table 2 The working frequency of the common hospital medical equipment

300 MHz 以下	300~3 000MHz
B 超(普通)	监护仪
心电图机	微波治疗仪
脑电图机	微波炉
心脏起搏器	
呼吸机	
高频电刀	
短波治疗仪	
脉冲治疗仪等	

医院还有诸多例如 X 射线机器、核磁共振 CT/PET-CT 机器等,其工作时虽然有某些频段与本系统的无线网络公共频段相重叠,但这些设备均工作在良好的屏蔽房间内,因此不会相互干扰,而例如无线心脏监护仪等设备与本系统的无线网络采用相同频段通信,但是因为信号发送接收采用不同的调制方式,也不会产生干扰。因此本系统中采用的 ZigBee 无线网络使用 2.4 GHz 的公共频段,对医疗设备不会产生影响。

具体部署是病区每层安置协调器,协调器的作用是将多个 ZigBee 终端桥接中继组成网络。一端与计算机通过串口连接。另一端采用无线射频单片机(CC2530),用于组件 ZigBee 无线网络,并接受各个 ZigBee 终端设备发送的病房位置信息、ID 卡片身份信息、目标进入或离开信息,同时向已连接的计算机发送数据。

3 定位信息处理

进行信息处理的计算机是处理不同楼层协调器发送的位置信息,并以图形方式显示患者位置信息。当医生需要知道患者此时的位置时,可以进入患者空间定位软件,输入患者的姓名或者床位号,在计算机上便可了解患者的现在的空间位置。信息处理及界面显示部分主要包括:定位算法、定位展示。

3.1 定位算法

定位算法程序的功能是判断患者通过病房出入口的 ZigBee 终端设备时,患者是进入该区域还是离开该区域。识别患者是进入或者离开,采用一组两个安置在房间入口顶部的读卡器来判断,具体的算法思路是:在正常的工作状态下,当一个读卡器先读取到数据,而另一个读卡器后读取到数据,则记录目标离开或进入房间的 1 次。如图 3 所示,其中 A 读卡器安置在入口外侧,B 读卡器安置在入口内侧,那么当两个读卡器都读取卡片后,将卡片信息按照读取时间的先后信息放入寄存设备的队列中,在判定进出情况时,通过信息记录队列的末尾两项信息,比较其时间先后顺序,从而判断目标离开或进入房间 1 次。

3.2 定位展示

定位显示的计算机软件功能是将患者的定位信息通过图形软件直观地展示给观察者。本系统采用 Processing 设计患者定位界面程序。Processing 是 Java 语言的延伸,并支持许多现有的 Java 语言架构,不过在语法上简易许多,并具有许多贴心及人

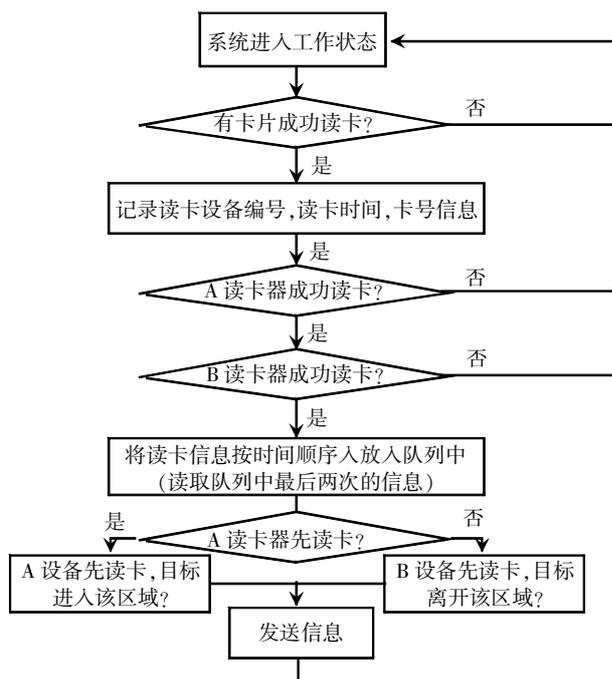


图 3 进出判定流程

Figure 3 The process for the judgement of passing in and out

性化的设计^[14]。

Processing 主体程序主要由 setup 跟 draw 两个部分组成, setup 内的语句是只执行一遍的语句, 而 draw 相当于一个无限循环。具体的软件程序执行流程是: 当串口端接收到患者当前位置信息后(位置信息以字符型数据方式发送), 将该数据赋值到 Processing 程序的 val 变量中, 然后在程序中根据 val 值的不同调用不同房间闪烁的函数。

软件使用 import processing.serial.* 语句将串口运行库导入到 Processing 中, 使 Processing 支持相关串口操作, 例如检测串口缓冲区内是否有数据; 使用 void Change() 函数显示界面的刷新, 使用 |back-

ground(Map);| 函数, 主要是起到房间闪烁的目的。流程如图 4 所示。

为模拟医院情况共设计了 4 层病区, 分别是 1F、2F、3F、4F。除 1F 外, 其余楼层共分为 6 块区域, 西侧大病房、西北病房、东北病房、西南病房、东南病房、走廊, 在 1F 则有 7 块区域, 除了与其余楼层相同的 6 块区域外, 还有医院外部的一块区域。当患者在病区内部区域活动时地图上以蓝色圆点闪烁显示, 在医院外部活动时, 地图上会以红色圆点闪烁显示, 以便区分。如图 5 所示分别是计算机程序处理得到的患者位于 2 楼西北病房, 以及患者离开病区位于医院外部活动时的显示界面。

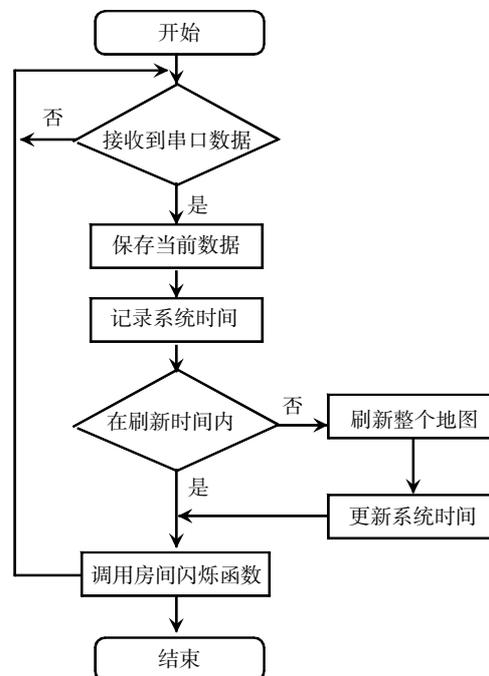
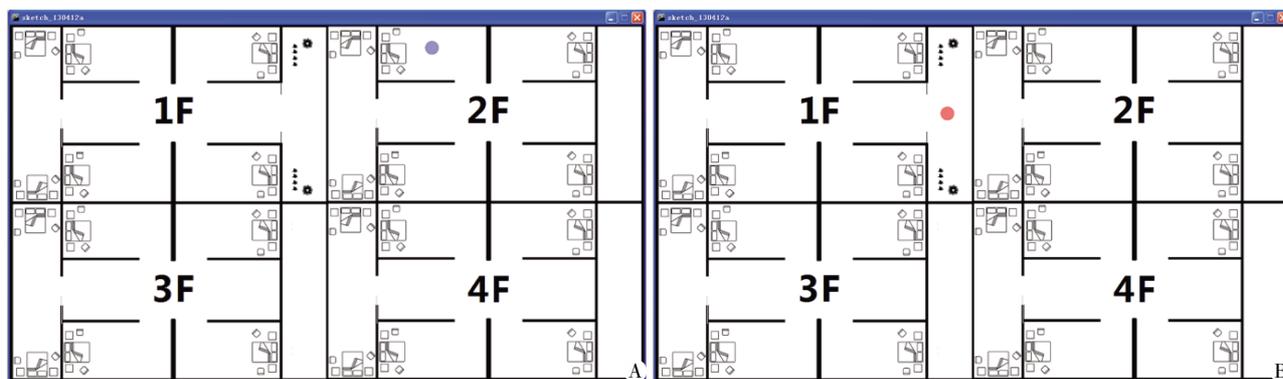


图 4 Processing 程序显示定位流程

Figure 4 The process for processing program of positioning and display



A: 蓝色圆点表示被定位者处于 2 层西北病房内部; B: 红色圆点表示被定位者处于该住院大楼外部(非安全区域)。

图 5 定位界面展示

Figure 5 The interface display of the space positioning system

本系统采用 RFID 电子标签对使用者身份识别,ZigBee 技术无线传输,对人员进行空间定位,实现 24 h 自动监控。其具体意义有:①此监控区别于摄像头监控,在保护患者隐私的前提下,在空间区域上了解患者的位置状况,当患者离开安全区域时发出警报;②此监控方式区别于 GPS 等精确的平面定位,不仅能够记录患者在病区的平面位置,还能够定位患者正在活动的楼层,实现大楼内部的空间定位;③提高了医护人员的工作效率,便于快速找到相关人员;④该系统将可以在移动终端上实现空间定位位置查询功能。本系统中患者定位信息还可以向家属开放,让家属离开医院的时间里,时刻了解患者活动位置。

同时该系统有诸多拓展运用,如对新生儿的监控,防止错抱跟新生儿被盗事件的发生;医院的工作人员也有 RFID 卡,防止医护、工作人员和患者进出高危区。系统的兼容性较好,可以在医院床位或房间增加时拓展,该系统也可以在其他需要的场合使用,例如现代化的老年公寓、幼儿园等。

[参考文献]

- [1] 张 璟,张 楠. RFID 技术在医疗中的应用[J]. 医学信息学杂志,2010,31(8):29-31
- [2] 刘 莹. 小区“一卡通”门禁控制系统的设计与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2006
- [3] Hendrickson D. Study:RFID in hospitals shows ROI promise[J]. Mass High Tech:The Journal of New England

- Technology,2004,19(1):25-29
- [4] 杨 艳. RFID 技术在世界医疗领域中的应用[R].2008 中国(第三届北京)国际 RFID 技术高峰论坛论文集,2008
- [5] RFID application in hospitals:A case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital [C]. HICSS'06. Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences,2006
- [6] 周 耀. 图书管理系统的 IC 卡接口软件设计[D].南京:东南大学,2007
- [7] Carl WP,Tatsuo I. Microwave noncontact identification transponder using subharmonic interregation and method of using the same[R]. 1995
- [8] 王 刚. 基于非接触 IC 卡的智能门禁系统设计与研究[D]. 上海:上海海事大学,2006
- [9] 高守玮,吴灿阳. ZigBee 技术实践教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009:6-7,8-11,14-17,43
- [10] 陈 章,廖明宏. 快速 RFID 防冲突算法[J]. 计算机应用,2010,30(z1):18-20
- [11] 赵 犁,郜 笙,虞俊俊,等. 金属介质对超高频 RFID 被动标签读取效能的影响及可用于金属表面标签的设计[J]. 工程设计学报,2006,13(6):416-420
- [12] 周 飞. 基于 ZigBee 技术的照明系统的应用研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2012
- [13] 沈伟富. 无线网络在医疗信息化中应用、问题及对策探究[J]. 科技与生活,2011,15
- [14] 孔晶晶. 基于 Processing 的互动媒体设计研究[D].无锡:江南大学,2009

[收稿日期] 2015-11-17