

# 基于 ZigBee 的定位监护医疗服务系统设计与实现

李树明<sup>1</sup>, 肖 艳<sup>1</sup>, 林巧民<sup>2</sup>

(1. 长江委水文局长江下游水文水资源勘测局, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学, 江苏 南京 210003)

**摘 要:**随着生活水平的提升,人们对自身健康更加关注。为满足这一需求,本项目重点研究了在医院环境的无线定位技术和病房的无线温度采集。定位系统采用的硬件平台是基于 ZigBee 技术的 CC2431 芯片,它工作在 2.4 GHz 频段,具有低功耗、低成本的特点,能够实现大量部署。此外,它带有硬件定位算法,配合 CC2430 芯片能够实现在 64 m \* 64 m 范围内的平面定位。经过测试,其定位误差小于 3 m。病房温度采集系统采用 CC2431 芯片,温度值精确到个位,可以满足监视室内及室外温度的需要。该系统能实时采集两个病房的温度在 PC 上位机软件实时显示,同时也保存到 MySQL 数据库中供其他应用调用。

**关键词:** ZigBee; 医疗; 定位; 温度

**中图分类号:** TP39

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2015)08-0222-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.08.047

## Design and Implementation of Localization and Medical Service System Based on ZigBee Technology

LI Shu-ming<sup>1</sup>, XIAO Yan<sup>1</sup>, LIN Qiao-min<sup>2</sup>

(1. The Yangtze River Water Conservancy Committee, Nanjing 210003, China;

2. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** With the improvement of living standards, people pay more attention to their health. To meet this demand, the project focuses on the research of wireless location technology and wireless temperature acquisition in the hospital environment. The hardware platform of positioning system adopts CC2431 chip based on ZigBee technology, which operates in the 2.4 GHz band, with low power consumption and low cost, and can realize a large area deployment. In addition, it contains hardware localization algorithm, combined with CC2430 chips the plane localization can be achieved in the scope of 64 m \* 64 m. After the test, the position error is less than 3 m. Ward temperature acquisition system uses the CC2431 chip, temperature is accurately to bits, which can satisfy the needs of temperature of monitoring indoor and outdoor. The system can collect in real time two wards' temperatures which are displayed on the PC software interface and stored in a MySQL database for other application calls.

**Key words:** ZigBee; medical care; localization; temperature

## 0 引 言

无线医疗对于协助解决医疗的公平性、医疗资源的可及性具有重要的战略意义。从资源分配角度讲,每个医院的主任医师总是有限的,如何合理分配这些主任医师,成为提高医院资源利用率、提高病人满意度的关键。由此想到,医师通过携带具有定位功能的手持终端,让工作人员实时了解医师的去向。当有病人发生紧急情况时,或医院接受到特殊病人时,能够及时

为他们提供救治。而对于残疾人、盲人或是有智力缺陷的特殊人群,他们的安全一直备受大众关注,尤其在他们单独行动时。这样,时刻了解他们的位置成为保障他们安全,甚至在紧急时刻挽救他们生命的关键。利用 GPS 进行定位的优点是定位精度准确,卫星有效覆盖范围大,误差小,且定位导航信号免费。劣势是定位器终端的成本偏高,且定位信号到达地面时较弱而不能穿透建筑物。那么对于室内复杂地形,将借助于

收稿日期:2014-10-07

修回日期:2015-01-13

网络出版时间:2015-07-21

**基金项目:**江苏省自然科学基金(BK20130882);江苏省高校自然科学基金(12KJB520009);南京邮电大学教学改革研究项目(JG01714JX39);南京邮电大学国自基金孵化项目(NY214118)

**作者简介:**李树明(1968-),男,高级工程师,研究方向为计算机应用技术。

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150721.1453.080.html>

无线传感器网络<sup>[1-2]</sup>。ZigBee 是一种无线连接,可工作在 2.4 GHz(全球流行)、868 MHz(欧洲流行)和 915 MHz(美国流行)3 个频段上,分别具有最高 250 kbit/s、20 kbit/s 和 40 kbit/s 的传输速率,它的传输距离在 10~75 m 的范围内,但可以继续增加。作为一种无线通信技术,ZigBee 具有低功耗、低成本、短时延、大网络容量、可靠和安全等特点。ZigBee 也可以用于室内定位,介于射频识别和蓝牙之间,在数千个微小的传感器之间相互协调通信以实现定位。在医疗监护过程中,有些病人对室内温度会比较敏感。如何实时准确地反映室内温度变化,成为改善病人生活质量的基础。ZigBee 技术作为普通无线传感器网络,同样能满足病房温度采集系统的需要。

## 1 定位系统概述

正如已经提到的,GPS 因为使用的是卫星信号,它在室内的情况下不能很好地正常工作。基于红外和超声的其他室内定位系统,尽管它们的结果是相当准确的,但是太昂贵,而且消耗的能量太高。在红外线下,发射器和接收器需要可视直线传播路径才能正常工作,这在室内是一个很难满足的要求。此外,就超声信号的速度而言,它受湿度和温度的影响。

然而有一个最可靠的解决方案是基于超宽带技术。它是一个基于无线个人区域网的数据无线传输技术,工作速度高且电池消耗非常低。此外,对于利用这项技术的室内定位系统有许多商业解决方案,这些解决方案的主要特点如下:系统精度取决于部署系统时所使用接收器的密度,精度可达 15 cm。相比传统的无线电频率系统,超宽带解决方案可以实现高精度的跟踪,因为它们受多径失真的影响较小,它们的计算不是基于信号强度而是基于到达时间差,到达角度或到达时间。然而,对基于到达时间差的超宽带系统而言接收器必须是同步的,这些接收器的成本和安装时增加的复杂性对不需要严密细节的解决方案而言是有经济成本影响的。基于到达角度和到达时间技术的系统需要特定的硬件,这实际上增加了定位系统的成本和复杂性。基于到达角度的系统使用定向天线,而基于到达时间的系统如何基于到达时间差的系统一样,它们需要细粒度的定时器。

由于这些原因,笔者认为这种方法不适用于使用低成本的传感器网络室内定位系统的开发。在这一背景下,最好的选择是使用射频信号来开发这类系统,因为它是最廉价和最简单的选择。计算一个射频节点位置的最简单的方法是利用 RSSI 值<sup>[3-10]</sup>,因为这样不需要额外的硬件资源。更重要的是,RSSI 的参数可以直接从节点(Wi-Fi,蓝牙,ZigBee 等)之间的交换信息中

获得。理想的情况是,在自由空间中 RSSI 水平随着距离降低,它同距离的平方成反比。然而,不能忽略的是信号电平受衍射、反射和色散的影响。

人们已经开发了若干利用 RSSI 值来解决室内定位问题的技术。获取一个节点的位置的最简单的方法是让节点发送一个信号,考虑节点的位置将在参考节点报告最高 RSSI 值时的位置。这种方法的优点是,容易在低性能节点中进行实现,但估计的精度可能不适合许多应用程序。基于 RSSI 定位的另一种方法是使用三边测量法进行估计。在 RSSI 测量时所造成的误差可能会导致不可接受的估计精度,这是因为在室内环境中会有许多的多径信号会影响到信号水平。更合适的估计室内定位的替代方法是基于节点间协作的方法和指纹的方法。一方面,协作方法不仅考虑了未知节点与参考节点之间的距离,同时也分析了不同定位节点之间的距离。这些定位节点之间的距离是这些协作方式提供的额外信息。另一方面,指纹技术是目前最可靠的解决方案。该技术基于 RSSI 校准,它在定位阶段开始之前进行多次测量以描述信号的传播模式。这种技术假设除了一个节点外所有其他节点都是固定的,且其位置是已知的。待分析区域被划分为网格,然后测量每个网格中的 RSSI 值,从而建立所谓的指纹图谱。移动节点接收到 RSSI 值、发布者的 ID 和分组索引并将其发送至基站,这样就可以通过评估指纹图谱的细微区别来估计位置。然而,指纹方法需要大量的前期工作,比如提前进行大量测量,而且对于环境无任何变化的情形,这种方法不再有效,必须建立一个新的指纹图谱,因为所有的以前工作已变得毫无用处。

为此,开发了一个系统,包括两个主要阶段:校准和定位。所请求的节点位置是在中央服务器中计算的,然后可以将它发布到网络中。每当一个盲节点需要被定位时,系统进行校准,以便在定位阶段时考虑到环境变化的影响。这样,系统变得更健壮和精确。为了开发该定位系统,选择 ZigBee,因为它有许多优于蓝牙和 Wi-Fi 的特点。比如说,ZigBee 比蓝牙和 Wi-Fi 消耗更少的能量,一个 ZigBee 系统在大部分时间都在休眠,而对于一个蓝牙通信系统,它总是在不停的收发。另一方面,Wi-Fi 是专为大功率设备(如电脑)设计的,所以不适合无线传感器网络。消耗更多能量的设备往往需要对节点的电池进行频繁更换,这是需要考虑的很重要的方面。

## 2 定位系统的设计与实现

CC2431 无线定位引擎基于 RSSI 技术,定位系统由参考节点和盲节点组成。盲节点从参考节点处接收数据包信号,获得参考节点位置坐标及相应的 RSSI 值

并将其送入定位引擎,然后可以读出由定位引擎计算得到的自身位置。由参考节点发送给盲节点的数据包至少包含参考节点的坐标参数水平位置  $X$  和竖直位置  $Y$ ,而 RSSI 值可由接收节点计算获得。病人携带盲节点后,工作人员就可以在电脑上实时监控他们的去向。这样能确认他们的安全,甚至在关键时刻挽救他们的生命。参考节点是一个位于已知位置的静态节点,这个节点知道自己的位置并将其位置通过发送数据包通知其他节点。

系统分为两个阶段:校准阶段和定位阶段。在校准过程中,系统测量每个参考节点从其固定位置发送给别人的信息的 RSSI 值,因此,可以算出几何距离和所有参考节点 RSSI 值之间的关系。为了做到这一点,采用下面矩阵的方法。

首先采集已知位置参考节点的值,然后计算它们之间的欧拉距离,将这些值置入名为  $Range$  的矩阵,矩阵中的每一个元素 ( $R_{ij}$ ) 代表参考节点  $i$  和  $j$  之间的实际距离。然后,将测量到的 RSSI 值置入  $m$  阶方阵  $Intensity$ ,  $m$  表示系统中部署的参考节点的数目,类似地,每一个矩阵元素 ( $I_{ij}$ ) 代表在校准阶段中参考节点  $i$  发送给参考节点  $j$  的消息 RSSI 值。如前所述,校准阶段的主要目标是算出所接收到的 RSSI 值和几何距离之间的关系,以便获得该情境下真实的传播特性信息。可用式(1)表示这一关系:

$$Err = \| Range - T \cdot Intensity \| \tag{1}$$

其中,  $T$  表示参考节点间距离与信号强度的转换矩阵。另外,由于式(1)中的错误变量  $Err$  是不可能估计的,一般认为它等于 0,因此就有:

$$T = Range \cdot Intensity^{-1} \tag{2}$$

有了矩阵  $T$ ,就能在盲节点定位阶段根据距离推算出 RSSI 值。例如在图 1 所示的区域中,在  $X$ 、 $Y$  方向上每隔 30 m 放置一个参考节点,图中白色节点为盲节点,其他节点为参考节点。

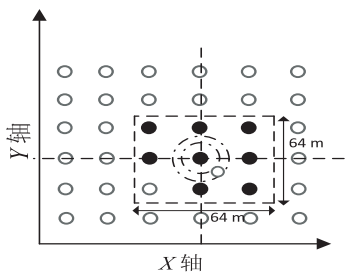


图 1 定位区域

第 1 步,确定具有最高 RSSI 值的一个节点并计算一个补偿值,使之“移动”到 64 m×64 m 范围的中心。由于已知来自此节点的 RSSI 值,所以到此节点的间隔很轻易得到;

第 2 步,确定除“最强”节点之外的其他使用节点,即图中黑色节点。所有节点用第 1 步中的补偿值进行修正;

第 3 步,所有获得值送入定位引擎终极读出结果位置;

第 4 步,将补偿值添加到计算位置中。

完成这些计算之后,盲节点在全球网格中的位置就确定了。

基于 ZigBee 网络的定位跟踪系统主要由三部分组成:

- (1)参考节点:安放在室内固定位置,用于收集盲节点的定位信息,并回传给主控节点。
- (2)盲节点:模拟室内人员或让人员随身携带。
- (3)网关节点:负责定位跟踪及系统的管理。

系统在实验平台安装完成之后,将参考节点的位置坐标存储在数据处理服务器中。系统上电之后,网关节点创建起一个 ZigBee 网络,参考节点依次加入到 ZigBee 网络中。实验人员携带盲节点,盲节点向参考节点发送定位请求。参考节点收到请求后向盲节点发送 RSSI 信号值和自身坐标,CC2431 启动片内定位算法计算得到自身坐标再发送给协调器(网关节点)。图 2 为定位测试现场。



图 2 定位测试现场

在无线医疗领域,定位服务有如下两种用途:

(1)盲节点安装在主任医师身上,如图 3 中的左图。可以实时掌握医师的去向,在病人发生紧急情况时能第一时间找到医师对病人进行急救。

(2)盲节点安装在病人身上,如图 3 中的右图。对于肢体残疾、盲人或智障人士等特殊人群,因为他们行动不便或某些无法更改的特性,他们的行踪特别需要医护人员的关注。在他们佩戴盲节点定位模块后,



医护人员就能非常直观地从显示器上看到他们的位置,在需要对他们进行帮助时提供参考。



图3 主任医师和病人的盲节点定位方案

### 3 病房温度采集系统设计与实现

该病房温度采集系统能够同时采集两路温度数据,在 PC 监控界面实时显示并保存在 MySQL 数据库中。监控界面如图 4 所示,用 VB6.0 软件开发,图中显示的是温度传感器模块在线监测温度的界面。它接收串口传输的数据,可以进行串口端口号的设置,可以显示历史温度曲线。串口的配置:波特率 38 400,数据位 8 位,无奇偶校验,1 位停止位。设置好波特率后,就能看到网络中温度传感器模块的温度信息。上位机实时接收温度数据,比较温度最大值和最小值,在右侧实时绘制温度变化曲线,同时将温度保存在 MySQL 数据库中。

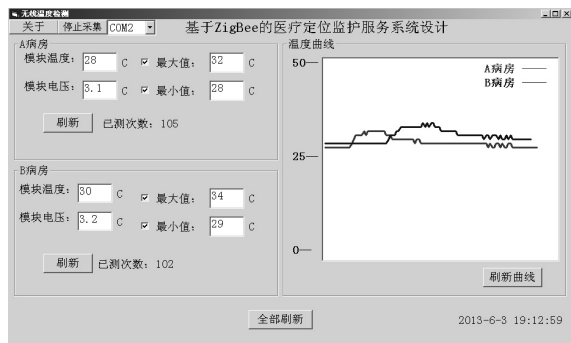


图4 上位机界面

在无线医疗中,该系统可以应用在医院病房内实时采集病房温度,这样医护人员可以及时了解各个病房的环境。在未来可以根据病人不同的病情,为病房设定不同的温度,改善病人的居住环境,提高他们的治疗质量。

任何数字传感器都存在一定程度的偏差<sup>[11-13]</sup>,CC2431 的片内温度传感器也不例外。在为本套温度采集系统进行温度校准时,受实验条件限制,只在常温下做了温度校准。经过校准后的无线温度采集系统,温度误差在 1 度内。

### 4 结束语

文中对 CC2431 的定位方案进行了详细设计与实践,并且搭建了对病房温度进行采集的系统硬件,完成

了基于 ZigBee 技术的定位监护医疗服务系统的设计和实现。但是,其中还有不完善的地方,比如定位解决方案的上位机软件只能显示参考节点和盲节点位置,不能二次开发,这降低了系统的兼容性和应用场景,在后续的开发中,将对盲节点的数据进行解析,突破应用限制。此外,上位机监测界面有待改进。在本设计中,上位机监测界面只完成了比较简单的功能,不具有备份数据、打印历史数据的功能。未来,将在数据汇聚模块上添加 GPRS 模块<sup>[14]</sup>,完成 ZigBee 网络和 GSM 网的无缝连接。

#### 参考文献:

- [1] 孙利民. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.
- [2] 郭忠文,罗汉江,洪 锋,等. 水下无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展,2010,47(3):377-389.
- [3] 刘 啸,刘玉龙. 一种改进的无线传感器网络节点定位算法[J]. 计算机技术与发展,2014,24(4):92-95.
- [4] 朱 剑,赵 海,徐久强,等. 无线传感器网络中的定位模型[J]. 软件学报,2011,22(7):1612-1625.
- [5] 邓彬伟,黄光明. 无线传感器网络移动节点辅助定位算法[J]. 仪器仪表学报,2011,32(3):563-570.
- [6] Simbeye D S,Zhao Jimin,Yang Shifeng. Design and deployment of wireless sensor networks for aquaculture monitoring and control based on virtual instruments[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2014,102:31-42.
- [7] 沈 军,黄春华,罗 护,等. 基于 RSSI 优化的模型参数实时估计定位算法[J]. 计算机工程与设计,2012,33(2):464-468.
- [8] 董 威. 六轴 MEMS 传感器空间定位设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2014,24(7):250-252.
- [9] Arnaout Jean-Paul. Ant colony optimization algorithm for the Euclidean location - allocation problem with unknown number of facilities[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2013,24(1):45-54.
- [10] Blumrosen G,Hod B,Anker T,et al. Enhanced calibration technique for RSSI - based ranging in body area networks[J]. Ad Hoc Networks,2013,11(1):555-569.
- [11] Apneseth C,Dzung D,Kjesbu S,et al. Wireless - introducing wireless proximity switches[J]. Sensor Review,2003,23(2):116-122.
- [12] 于 童,王文秀,徐小粘. 基于 ZigBee 的无线温湿度传感器网络设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2012,22(7):167-170.
- [13] 蒋 鹏. 基于无线传感器网络的湿地水环境远程实时监测系统关键技术研究[J]. 传感技术学报,2007,20(1):183-186.
- [14] 屠 炜. 基于 GPRS 的远程电网电流数据采集系统设计[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2014.

# 基于ZigBee的定位监护医疗服务系统设计与实现

作者：[李树明](#)，[肖艳](#)，[林巧民](#)，[LI Shu-ming](#)，[XIAO Yan](#)，[LIN Qiao-min](#)

作者单位：[李树明, 肖艳, LI Shu-ming, XIAO Yan\(长江委水文局长江下游水文水资源勘测局, 江苏 南京, 210003\)](#)，[林巧民, LIN Qiao-min\(南京邮电大学, 江苏 南京, 210003\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(8)

引用本文格式：[李树明. 肖艳. 林巧民. LI Shu-ming. XIAO Yan. LIN Qiao-min 基于ZigBee的定位监护医疗服务系统设计与实现\[期刊论文\] - 计算机技术与发展 2015\(8\)](#)