

# Cricket 室内定位系统的研究与改进

刘 君<sup>1</sup>, 吴建国<sup>1,2</sup>, 褚曦丹<sup>1</sup>, 朱丽进<sup>1</sup>, 李 炜<sup>1,2</sup>

(1. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039)

**摘 要:**目前,人们对室内定位与导航的需求越来越大,如在展厅、图书馆、仓库、超市等室内环境中,用户希望持有可移动设备能够自由定位并导航,因此,该文主要目的是介绍基于超声波技术和射频技术的 Cricket 室内定位系统的工作原理、优缺点并提出改进方法;通过引入节能机制的方法,改进 Cricket 室内定位系统的信道分配策略,得出定位系统能耗和成本的结果,最终能在一定程度上降低 Cricket 室内定位系统的能耗和成本,保证节点之间的公平性。

**关键词:**室内定位;超声波技术;射频技术;Cricket 定位系统;信道分配

**中图分类号:**TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)05-0206-04

## Research and Improvement of Cricket Indoor Location System

LIU Jun<sup>1</sup>, WU Jian-guo<sup>1,2</sup>, CHU Xi-dan<sup>1</sup>, ZHU Li-jin<sup>1</sup>, LI Wei<sup>1,2</sup>

(1. Ministry of Education Key Laboratory of Computing & Signal Processing, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. Computer Science and Technical Institute, Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** At present, people's demand for the indoor positioning and navigation is getting greater and greater. For example, in some indoor places like exhibition hall, library, storehouse, supermarket, customers expect to make use of the equipment for free indoor positioning and navigation. Thus, the purpose of this paper is to introduce the working principle, advantage and disadvantage of Cricket location system based on ultrasonic technology and RFID technology. The way of the improvement of this system has also been brought up. By the way of introducing energy-saving system, allotment of signal channel of Cricket location system will be improved and get the result of the energy consumption and the cost of Cricket positioning system, which will finally reduce the energy consumption and the cost of Cricket indoor positioning system and make sure of the equality among the node.

**Key words:** indoor location; ultrasonic technology; RFID; Cricket location system; channel assigned

## 0 引 言

社会经济和科学技术的飞速发展促使人们对定位与导航的需求日益增大,目前使用最广泛的是 GPS<sup>[1]</sup> 卫星定位技术。但是当 GPS 接收机在室内工作时,信号受到建筑物的影响而大大衰减,定位精确度低,无法满足人们对活动频繁的室内定位导航(基于位置服务——LBS<sup>[2]</sup>)的需求。为此,专家学者们探索了很多技术方法以满足无线室内定位的需求,提出了许多室内定位技术和室内定位系统。Cricket<sup>[3]</sup> 系统基于超声波定位技术和射频定位技术,摒弃了传统的有线网络,能够与自动适应环境和用户需求变化的软件建立智慧空间原型,实现多样的信息服务。文中介绍

Cricket 定位系统<sup>[4]</sup>的设计,利用节能机制改进了该系统的通讯过程,从而降低系统能耗和成本。

## 1 Cricket 定位系统的工作原理和流程

### 1.1 系统结构和工作原理

Cricket 系统由被定位端携带的接收机和若干个固定在建筑物内的信标节点组成。每个信标拥有唯一的标识,辨别自身所处的位置信息,如图 1 所示。

移动端所持的接收机发射超声波信号和射频信号,附近的信标收到信号后,反馈带有自身位置信息的射频信号和超声波信号,接收机根据接收到两种信号的时间差来计算与信标之间的距离,然后根据已知的信标位置计算出移动端所在的地理位置信息。

### 1.2 信道分配

由于各信标之间的射频信号与超声波信号容易发生冲突,接收机可能把来自不同信标的射频信号和超声波信号匹配,进行距离计算,得出接收机错误的位置信息。

收稿日期:2010-09-08;修回日期:2010-12-26

基金项目:安徽省教育科研重点项目(kj20100A023)

作者简介:刘 君(1986-),女,安徽六安人,硕士研究生,研究方向为嵌入式技术;吴建国,教授,博导,研究方向为中文信息处理、数字系统 EDA/CAD、智能识别技术。

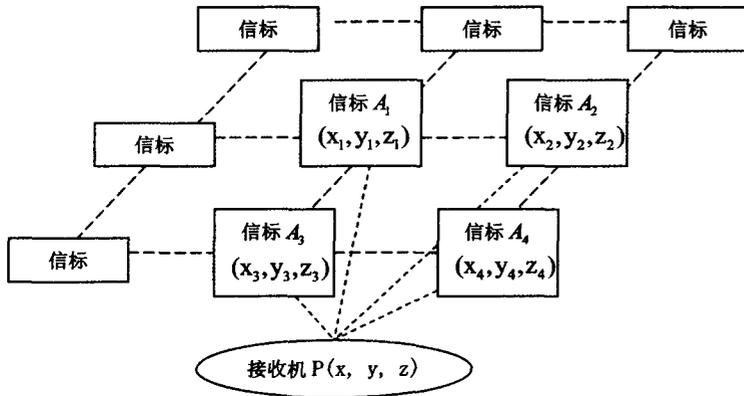


图1 Cricket 系统

Cricket 采取了随机延迟的技术,信标在发射时先监听一段随机时间  $T$ ,如果期间没有接收到其他发射节点的射频信号,才开始尝试发射。随机时间段  $T$  的长度足够让节点发射的超声波信号传播到可能的最大射程,以避免出现异常状态,避免信号间的剧烈冲突。

1.3 距离计算

Cricket 系统利用射频信号和超声波信号到达的时间差进行测距<sup>[5]</sup>。射频信号的速度  $v_{rf}$  达到  $3.0 \times 10^8$  m/s,超声波速度  $v_{us}$  约为 344m/s。接收机先收到射频信号再收到超声波信号,通过测量两种信号到达的时间差,来计算接收机与信标之间的距离。

$$T_{TDOA} = t_{us} - t_{rf} = S/v_{us} - S/v_{rf}$$

$$S = (t_{us} - t_{rf}) \frac{v_{us}v_{rf}}{v_{rf} - v_{us}}$$

其中  $T_{TDOA}$  为两种信号到达时间差; $S$  为接收机和信标之间距离; $t_{us}$ 、 $t_{rf}$  分别为超声波信号和射频信号从信标节点到达接收机的时间; $v_{us}$ 、 $v_{rf}$  分别为超声波信号传播速度和射频信号传播速度。

由于  $v_{rf}$  远大于  $v_{us}$ ,在具体计算时, $t_{rf}$  趋近于0。所以有:

$$S = v_{us}t_{us} \tag{1}$$

1.4 位置计算

当接收机收到三个或三个以上的信标信号,接收机根据公式(1)计算出与三个信标之间的距离  $S$ ,再计算出当前的位置信息。如接收机  $P(x, y, z)$  收到信标  $A_1(x_1, y_1, z_1)$ ,信标  $A_2(x_2, y_2, z_2)$ ,信标  $A_3(x_3, y_3, z_3)$  的信号,计算与各信标的距离  $S_1, S_2, S_3$ 。根据公式  $(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = S_i^2$ <sup>[4]</sup> 得出下列方程组:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = S_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = S_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = S_3^2 \end{cases} \tag{2}$$

解出方程组可得接收机  $P$  的空间坐标  $P(x, y, z)$ 。

2 Cricket 定位系统设计的改进

Cricket 系统采取的随机延迟技术,大大地降低了原系统能耗,但文中引入新的节能机制,做了很多改进,以便更好地避免信号之前的冲突、保证信标之间的公平性、降低能耗。

首先,能量是影响定位系统的重要因素之一<sup>[6]</sup>。为了尽可能地减少能量,将包含信标位置信息的射频信号所携带的信息减到最小(仅包含节点的 ID 和时间戳以下称为 ID 数据包<sup>[7]</sup>),通过减少射频信号的

发射降低能耗;另外为了尽可能地节省能量,文中不再单纯地使用休眠机制以避免信标节点被频繁唤醒,降低效率,而是由接收机定时发射射频信号和超声波信号请求信标节点工作,只有当信标节点同时收到射频信号和超声波信号,才会发射自己的 ID 数据包,其它信标节点处在监听状态。

其次,在信道分配时,将监听的随机时间<sup>[8]</sup>(超声波信号传播最大射程所需要的时间)划分成若干段小时间段  $t_0$ ,在每个  $t_0$  时间段内判断是否接收到其它信标的射频信号,若收到,本次监听失败,信标休眠一段随机时间  $T_R$ 。

为了保证信标发射的公平性,增大失败次数多的信标发射信号的机会,要求休眠的时间  $T_R$  满足:  $T_{ID} < T_R < T/(k + 1)$ ,其中  $T_{ID}$  为发射 ID 数据包所需时间,  $k$  为监听失败的次数。这样能更有效地避免异常状态发生,如图2所示。

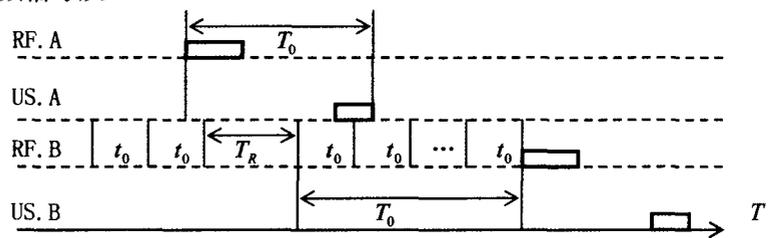


图2 有效避免异常状态

综上,引入节能机制后的定位系统工作流程如图3、图4所示。

在计算距离时,由于超声波的速度受温度影响<sup>[9]</sup>,所以在计算时  $v_{us}$  是变化的,取  $v_{us} = (331.4 + 0.607C)$  m/s,其中  $C$  是室内温度。考虑到节点在监控温度时消耗时间  $\Delta t$ ,参与计算的超声波传播时间  $t = t_{us} - \Delta t$ ,得出距离公式:

$$S = v_{us}(t_{us} - \Delta t) \tag{3}$$

最后,在位置计算上文中选用四个信标节点进行计算来修正计算出来的位置信息。假设,接收机收到若干信标节点的信号,根据信标节点出现的概率筛选

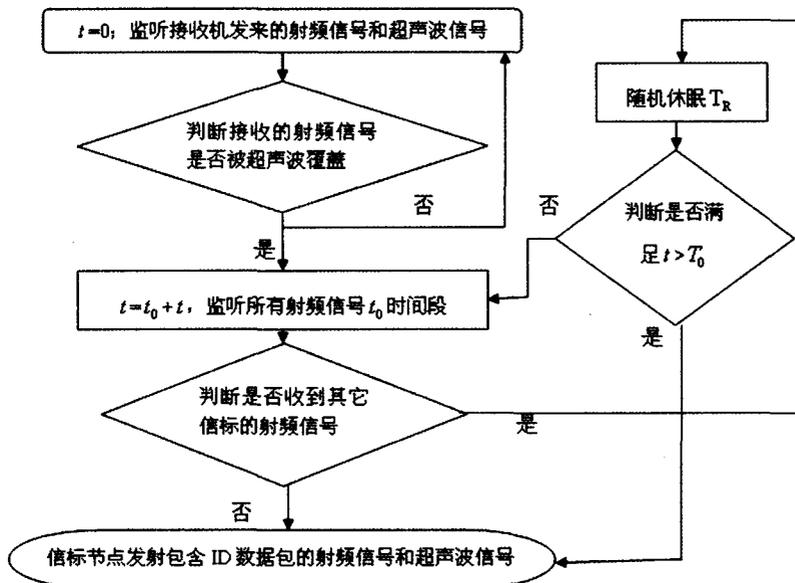


图 3 信标节点工作流程

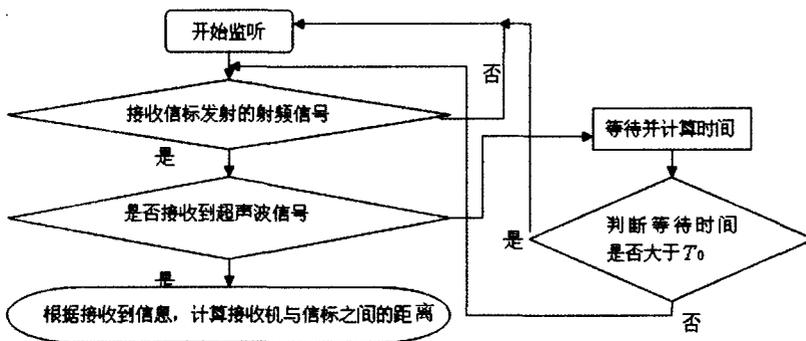


图 4 接收机工作流程

出任何三点不共线的四个信标节点  $A_1, A_2, A_3, A_4$ , 如图 1 所示。分别选取  $PA_1A_2A_3, PA_1A_2A_4, PA_1A_3A_4, PA_2A_3A_4$  作为参与计算的节点, 根据公式(2) 计算出各自对应的  $P(x_A, y_A, z_A)$ , 取平均值。最后得出修正后的  $P$  点坐标:

$$(x, y, z) = \left( \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x_A, \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 y_A, \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 z_A \right) \quad (4)$$

### 3 性能分析

文中将 ID 数据包减小到 Cricket 系统的一半左右, 使得射频信号的发射和接收减小了近一半的能耗<sup>[10]</sup>。

在信道分配上, 保证了各信标节点发射射频信号的间隔大于  $T_0$ , 在  $T_0$  时间内接收机最多接收来自一个信标节点的超声波信号<sup>[10]</sup>, 有效地避免计算出错误的距离。

在位置计算上, 把温度变化对超声波速度的影响考虑进来, 所计算出来的距离不会受室内温度变化影响到精确度, 并且在计算位置时, 采取平均值计算的结果更精确。

## 4 实验结果

### 4.1 信道利用率和节点发射的公平性

为了比较信道的利用率和信标节点发射的公平性, 需测量出信标节点发射成功次数, 所以采用相同的硬件做两组实验, 两组实验分别用 1 个接收机、4 个信标节点和 1 个接收机、6 个信标节点, 令这些信标节点分别为:  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ , 统计出 1 分钟内接收机计算出与各信标节点之间有效的距离个数, 也就是信标节点发射成功的次数。实验结果如表 1 所示。从表中可以看出, 改进后的系统信标有效发射的次数更多, 利用率更高。当信标增多时, 在原 Cricket 系统中信标节点  $A_3$  的发射成功次数远小于其他节点, 而改进后的定位系统各信标节点发射成功次数相差甚小, 更能够保证节点之间发射的公平性。

### 4.2 定位精确度

#### 4.2.1 距离计算精确

取 1 个接收机和 1 个信标节点作实验, 试验中温度在  $20^\circ\text{C} \sim 32^\circ\text{C}$  之间变化; 信标与接收机距离范围为  $0 \sim 600\text{cm}$  之间。实验得出的距离与实际距离误差在  $1.2\text{cm}$  左右, 误差产生的主要原因有: 实际距离测量时也会产生误差; 实验距离计算时所取数据精度程度导致的误差。并且在不同温度下, 精确度不同。文中只考虑了温度的影响, 而未考虑空气湿度等环境因素对位置计算的影响。

表 1 接收机 1 分钟内计算出与信标距离值的个数

信标节点	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
Cricket 系统	54	65	24	76	64	52
改进后的系统	60	71	67	69	72	65

#### 4.2.2 位置计算精度

首先, 如图 1 所示取 1 个接收机和 9 个信标节点, 温度为  $27^\circ\text{C}$ , 测量接收机所处的位置信息, 实验得出的数据与实际位置误差在  $0.56\text{m}$ 。误差产生的主要原因是接收机移动导致数据滞后。

然后, 信标数量不变, 分别取 1~6 个接收机进行实验, 实验结果如表 2 所示。接收机增多时, 致使更多的信标节点参与计算, 正确率开始回升, 但是当接收机增加的过多时, 为了避免冲突, 信标需要延时等待, 参

与计算的信标个数开始减少,致使正确率开始下降。

表2 接收机数量与正确率

接收机数量	1	2	3	4	5	6
正确率	40%	51%	64%	78%	61%	52%

最后,接收移动的速度也是影响定位精度的一个重要因素,当接收机移动速度过快时,位置计算正确率明显大幅下降,当接收机移动较为缓慢时,位置计算的正确率会较高。

### 5 结束语

基于超声波技术和射频技术嵌入式<sup>[11]</sup>的 Cricket 定位系统能够满足一般定位要求,同时由接收机计算自身的位置,保证了使用者的隐私。当然,系统仍然存在着一些需要完善的地方,文中将节能机制引入 Cricket 系统,在一定程度上降低了系统的能耗和成本;对信道的分配适当改进,有效地避免信号之间冲突,防止计算出错误的距离,并且保证节点之间的公平性<sup>[12]</sup>。文中所述的系统定位精度较为理想,节点利用率高、适用范围广。

#### 参考文献:

[1] 张小红. 动态精度单点定位(PPP)的精度分析[J]. 全球定位系统,2006(1):7-11.  
 [2] 韩强,陈天滋. UML在关系型GIS空间数据库设计中的

(上接第205页)

读取的数据库信息。

初始化工作完成之后,调用 QSqlDatabase::open()打开数据库连接,使用 QSqlQuery 执行 SQL 操作。

### 3 结束语

文中详细地说明了基于 Qt 框架构建的 FTP 上传系统的客户端与服务器端的设计与实现,描述了如何在现有 Qt 框架的基础之上,使用 FTP 协议进行文件上传,并且,根据 RFC765 中对于 FTP 命令的规定,补充实现了 Qt 中 QFtp 模块的断点续传的功能。应用证明,设计的上传系统,稳定可靠,方便精品课程平台教师用户上传视频文件以及添加视频信息,同时也减轻了系统管理员的工作。

#### 参考文献:

[1] Blanchette J. C++ GUI Programming with Qt 4[M]. Second Edition. 北京:电子工业出版社,2008:270-286.  
 [2] 晏宁,薛继东,徐学洲. 基于 Linux 集群的 socket 迁移技术[J]. 微机发展,2004,14(6):95-98.  
 [3] 黄宇东,胡跃明,陈安. 基于 Qt 的多线程技术应用与研

究[J]. 江苏大学学报(自然科学版),2002,23(1):82-86.

[3] Ververides C, Polyzos G C. Mobile Marketing Using A Location Based Service[EB/OL]. [2005-06-15]. <http://mm.aueb.gr>.  
 [4] Savvides A, Han C C, Srivastava M B. Dynamic fine grained localization in ad-hoc networks of sensors[C]//Proc of MobiCOM. [s.l.]:[s.n.],2001:166-179.  
 [5] Priyantha N, Chakraborty A, Balakrishnan H. The cricket location support system[C]//Proceedings of MobiCom. Boston, MA, USA:[s.n.],2000:32-43.  
 [6] 吴永祥. 射频识别(RFID)技术研究现状及发展展望[J]. 微计算机信息,2006(11Z):234-236.  
 [7] 孙瑜,范平志. 射频识别技术及其在室内定位中的应用[J]. 计算机应用,2005,25(5):1205-1208.  
 [8] Zhao Yiyang, Liu Yunhao, Ni L M. VIRE: Active RFID. based localization using virtual reference elimination[C]//2007 International Conference on Parallel Processing(ICPP 2007). [s.l.]:IEEE Press,2007:56-56.  
 [9] 孙立民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005:135-136.  
 [10] 马玉秋,龙承志,沈树群. 长距离移动定位技术与室内定位技术[J]. 数据通信,2004(5):39-41.  
 [11] 范平志,邓平,刘林. 蜂窝网无线定位[M]. 北京:电子工业出版社,2002:33-35.  
 [12] Hightower J, Borriello G. Location systems for ubiquitous computing[J]. IEEE Computer,2001(8):57-66.

究[J]. 软件导刊,2009,8(10):40-42.

[4] 陈金阳,蒋建中,张良胜. FTP 协议分析及其客户端程序实现[J]. 计算机工程与应用,2005(32):130-132.  
 [5] 吴珂,卢秉亮,张磊. 基于 FTP 协议客户端软件的实现[J]. 沈阳航空工业学院学报,2006,23(4):39-42.  
 [6] 詹金华,刘锋. 基于 FTP 协议的素材迁移服务器的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2008,18(3):56-58.  
 [7] Trolltech. Qt - Cross - Platform C++ Development - Troll - tech [EB/OL]. 2007. <http://www.trolltech.com/products/qt/features/index>.  
 [8] 龚斌,季宏涛. FTP 协议分析及其客户端程序的实现[J]. 小型微型计算机系统,1997(5):26-29.  
 [9] RFC765 Introduction[S/OL]. 1980-06. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc765.html>.  
 [10] 朱晓蕾,余达太,孙昌国,等. 基于客户/服务器模式的远程控制系[J]. 计算机工程与设计,2004(5):796-799.  
 [11] 王集成. 基于 TCP/IP 协议,用 Windows Socket API 实现 FTP 服务器的客户端[J]. 微计算机应用,2002(5):305-307.  
 [12] 李伍元,黄东. 基于 OCI 和 ODBC 异构数据库通用接口设计[J]. 计算机技术与发展,2007,17(2):153-155.