

基于 RFID 的博物馆人机互动定位系统

周祥云, 钱 慧, 余 轮

(福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350002)

摘要: 设计了一种基于 RFID 技术的数字博物馆人机互动定位系统。该系统具备人员区域定位、人流量分布监测和人员移动轨迹的追踪功能, 满足了博物馆的管理应用需求。在实现人员移动轨迹追踪的基础上提出了一种结合 RFID 定位技术的人机互动游戏应用方案, 并将该方案应用到博物馆中。

关键词: RFID; 博物馆; 人机互动; 定位

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)20-0099-04

Human computer interaction positioning system based on RFID for museum

Zhou Xiangyun, Qian Hui, Yu Lun

(Institute of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Designed a positioning system of human-computer interaction based on RFID for digital museum, bringing about the functions of zone location of people, the monitoring of people-flow's distribution and the track of people's moving trace. It met the management and application requirement of museum. Based on the track of people's moving trace, the paper proposed an application program of human-computer game-interaction combined with the location technology of RFID, and the scheme has been applied in the museum.

Key words: RFID; museum; human computer interaction; location

近几年,随着无线射频识别技术 RFID(Radio Frequency Identification)的快速发展^[1],RFID 技术已经被广泛地应用在物流追踪、仓库管理、图书馆管理、智能考勤等各个方面。RFID 技术不断渗透到生活的各个角落,如北京奥运会中使用了 RFID 智能门票系统,上海世博会上 RFID 技术更是无处不在。

在 21 世纪的今天,现代博物馆是集参观流览、智能互动于一体的多媒体信息系统。在现代博物馆的智能互动系统中,游客的室内定位常常是实现人机互动的必要前提。相对于其他成熟的定位技术(如 GPS、Wi-Fi、蓝牙等),RFID 定位技术^[2]能够很好地克服由室内无线环境引起的多径和视距干扰,具有灵活性高、适应性强、操作便捷等优点,使得 RFID 在博物馆这种空间较小但环境复杂的室内定位场合具有广泛的应用前景。国外已经成功地将 RFID 技术应用于博物馆中,如美国加州创新技术博物馆、San Francisco 的科学博物馆 Exploratorium 等。这些现代的科学博物馆将 RFID 技术应用于真人互动游戏中,支持游客在真实环境下与真实物体实现互动,突

破了传统游戏场景的限制,为游客提供更加自由和人性化的互动服务。

本文基于博物馆的实际应用环境,结合 RFID 定位技术设计了一种人机互动的定位系统,主要包括人机互动的游戏部分和辅助人机互动的区域定位部分。同时提出了一种结合 RFID 定位技术的人机互动游戏应用方案,并将该方案成功应用到博物馆中。

1 系统原理和功能

1.1 系统原理

RFID 是一种利用射频信号自动识别目标对象并获取相关信息的技术。RFID 技术可以分为有源系列和无源系列^[1]。有源和无源 RFID 的性能对比如表 1 所示。

由表 1 可知,有源 RFID 具有更长的识别距离和更

表 1 有源和无源 RFID 对比

	有源系列	无源系列
存储容量	<16 KB	<128 B
识别距离	比较长	短(或接触式)
移动追踪能力	强	弱

应用奇葩

Example of Application

强的移动追踪能力。本文需要对博物馆中人员进行室内定位追踪,故采用有源 RFID 设备。

系统主要包括三个部分:标签、读写器和信息处理系统。标签和读卡器构成 RFID 网络,感知游客的各种情景信息,并远程传输给信息处理系统集中处理。

博物馆的场馆简易平面分布图如图 1 所示。

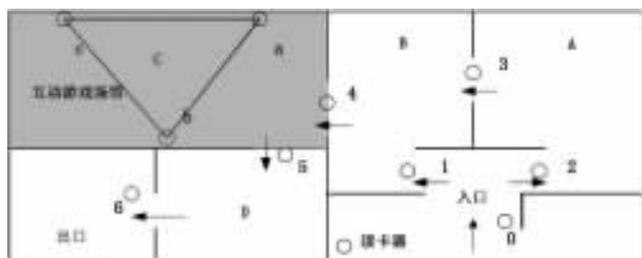


图 1 博物馆简易平面图

RFID 的博物馆人机互动定位系统主要包含人机互动的游戏部分和人员区域定位部分。人机互动的游戏部分主要利用图 1 中互动游戏场馆内编号为 a、b、c 的读写器实现室内精确的二维定位,便于与游戏地图进行比较,从而完成移动人员的定位与追踪。人员区域定位部分主要利用图 1 中场馆通道间的读写器(编号为 0、1、2、3、4、5、6)实现,游客在通过场馆通道时,读写器会自动读取游客门票中的标签信息,完成区域定位的功能。

标签的 ID 号是唯一的,用于游客身份的识别。读写器接收到的数据包^[3]含有标签 ID 号信息、数据发送时刻信息等,PC 上位机接收到的数据包含有源标签 ID 号信息、数据发送时刻信息和转发数据包的读写器编号信息等,PC 上位机集中处理这些由读卡器转发而来的数据包。系统原理框图如图 2 所示。



图 2 总体系统原理框图

1.2 系统功能

1.2.1 游戏场馆内人员移动轨迹的追踪

如图 3 所示,在游戏场馆 C 区内,设编号分别为 a、b、c 的三个有源读写器的位置为 (x_a, y_a) , (x_b, y_b) , (x_c, y_c) , 游客的位置坐标 (x, y) , 三个读卡器到游客的距离分别为 R_a 、 R_b 、 R_c , 由时间信息定位方法^[2](TOA)可得式(1),即可求解游客的位置坐标 (x, y) 。

$$\begin{cases} (x-x_a)^2+(y-y_a)^2=R_a^2 \\ (x-x_b)^2+(y-y_b)^2=R_b^2 \\ (x-x_c)^2+(y-y_c)^2=R_c^2 \end{cases} \quad (1)$$

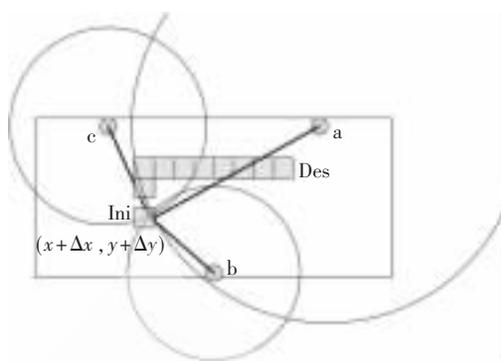


图 3 游戏地图

由于电磁波信号在室内传播呈现多径效应干扰衰弱与遮蔽效应,预估的传播距离将产生误差,所以定位的位置不会交于一点,而是一定面积大小的区域^[4]。

为了不失一般性以及方便定位需要,可设游客的位置坐标落在由点 $(x-\Delta x, y-\Delta y)$ 、 $(x-\Delta x, y+\Delta y)$ 、 $(x+\Delta x, y-\Delta y)$ 和 $(x+\Delta x, y+\Delta y)$ 构成的长方形区域内,其中长方形的长、宽分别为 Δx 、 Δy ,即游客的位置坐标 (x, y) 满足式(2)。

$$\begin{cases} x \in (x-\Delta x, x+\Delta x) \\ y \in (y-\Delta y, y+\Delta y) \end{cases} \quad (2)$$

如某游客进行人机互动游戏时,设其初始位置为 Ini,目标位置为 Des,游戏地图由小长方形区域组成,如图 3 中灰色区域所示,游客根据灰色的游戏地图进行移动,与此同时,系统实时地将解算出的游客位置与游戏设定的地图相匹配,进而完成互动游戏。

1.2.2 游客的实时区域定位

当游客在图 1 中入口处的 0 号读写器刷卡后,即可授权进入博物馆参观,游客门票中的标签 ID 号信息被送往 PC 上位机实时处理,建立游客文档 INFO。游客文档包括进入各场馆的时间、离开各场馆的时间、在各场馆参观的时间、当前所在的场馆区域及游客头像等信息,INFO 的结构体表达式如下:

```
typedef struct
{
    char ID[LEN];
    TOURTIME A;
    TOURTIME B;
    TOURTIME C;
    TOURTIME D;
```

```
}INFO
```

其中结构 TOURTIME 定义为:

```
typedef struct
{
    char In[LEN]; //进入时刻
    char Out[LEN]; //离开时刻
    unsigned int Stay; //参观时间
    bool pos; //是否在场馆内
```

应用奇葩

Example of Application

```
}TOURTIME //“true”或“false”
```

在游客通过场馆间的通道时,读写器会自动识别游客门票中的标签信息,实时判断游客进入某场馆(或离开某场馆),同步更新游客文档信息 INFO。

2 系统设计和实现

2.1 系统硬件

硬件设备采用了 RFID 组件,主要包括 PC、有源标签、有源读写器、摄像头以及相关设备连接线等。博物馆的环境比较复杂,繁多的多媒体设备带来的中低频干扰较大,为了适应博物馆这种独特的环境,需要采用微波段的 RFID 设备。现阶段的微波段 RFID 主要集中在工作频率为 2.4 GHz~5.8 GHz,其中以 2.4 GHz 有源 RFID 系统^[5]较为成熟。博物馆采用的 RFID 各设备型号如表 2 所示。

表 2 RFID 硬件设备

	有源标签	有源读写器
型号	CY-TZB-209	CY-RZGC-202
工作频率/GHz	2.4~2.5	2.4~2.5
识别距离/m	<80	<500
通信接口	RS485	RS485/RS232
电源/V	+3.3	9~12 DC
数据速率/(b/s)	—	<10 M
工作电流/mA	<15	—

2.2 系统软件

RFID 系统软件采用了 Delphi7、MYSQL 和 ODBC 等进行人机界面开发。软件系统主要可划分为游客 INFO 文档的建立、区域定位、游戏场馆内人员移动轨迹的追踪。

2.2.1 文档的建立

PC 上位机根据安装在入口处的 0 号读写器读取的数据信息,实时存储刷卡人门票中的标签 ID 号信息,实时构建一个以 ID 号为标识的信息文档 INFO,并同步截取刷卡人的照片并保存到对应的文档下,具体流程如图 4 所示。

2.2.2 区域定位

PC 上位机根据 0~6 号读写器提供的数据包中的读写器编号来判断游客即将进入的场馆区域;根据标签 ID 号信息来区分游客;根据数据发送时刻来记录游客在各场馆的参观时间,并将这些信息实时更新到游客的 INFO 文档中,具体流程如图 5 所示。

2.2.3 游戏场馆 C 区内人员移动轨迹的追踪^[6]

游戏场馆 C 区编号为 a、b、c 的读写器可以完成 C 区内人员移动追踪。游戏轨迹地图由一组二维坐标构成,设 i 时刻的游戏地图为 $map[i]$,

游客的二维坐标为 $pos[i]$ 。互动游戏开始后,将游客坐标 $pos[i]$ 与游戏地图 $map[i]$ 相比较。

如果在各个时刻两者都相一致,则根据从信息包中提取出来的 ID 号查找数据库,从该 ID 号码对应的信息文档提取照片,将照片保存到指定的 ($winner$) 文档路径下,指示该游客为人机互动游戏的胜利者并返回。

如果某一时刻游客的坐标 $pos[i]$ 与游戏地图 $map[i]$ 不相一致,则返回并指示游客游戏失败。人机互动游戏的数据处理具体流程如图 6 所示。

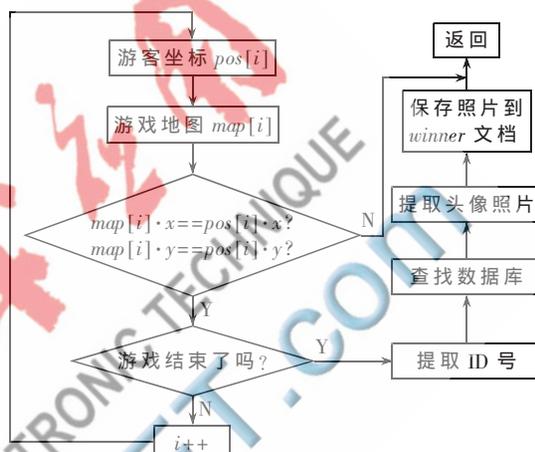


图 6 人机互动游戏的数据处理流程图

游戏地图可以根据不同的需要来设定游戏轨迹的长度、难度以及布置障碍物等,丰富游戏场景,同时也可以设置多人模式进行人机互动游戏。

3 系统测试结果

3.1 游戏场馆内的定位误差测试

游戏场馆 C 区为 $14\text{m} \times 20\text{m}$ 的长方形区域,测试长方形游戏场馆 C 区内每个点的坐标位置,并与实际标准位置做比较,所得的误差曲线如图 7 所示。所以可将式(2)中的 Δx 、 Δy 设置为 $\Delta x = \Delta y = 0.8\text{m}$,即地图的小区域为 $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ 的正方形区域,这样足可以保证对人员移动轨迹追踪的准确度。

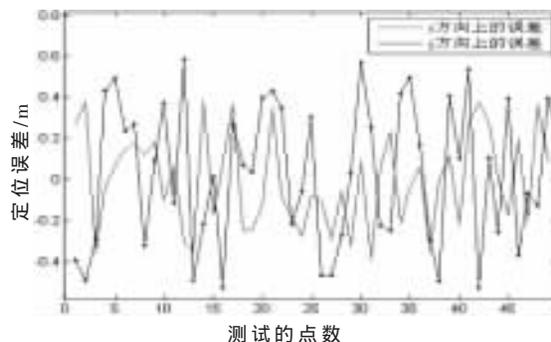


图 7 游戏场馆内的定位误差

3.2 游客的 INFO 信息测试

采用上述硬件设备和相应开发软件进行系统开发,

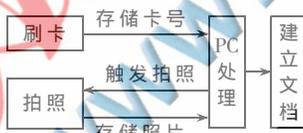


图 4 INFO 文档的建立

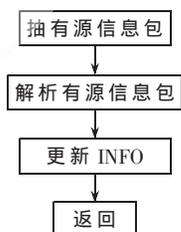


图 5 区域定位

应用奇葩

Example of Application

5 位游客分别选取了 5 张有源卡(ID 号分别为 0x33、0x62、0x76、0x0F、0x58)进行系统测试,部分系统测试结果如下:

建立的以 ID 号标识的游客文档如图 8 所示。



id	YearID	address	update
1 33	20101121	12:55:11	admin
2 62	20101121	12:55:21	admin
3 76	20101121	12:55:25	admin
4 0F	20101121	12:55:31	admin
5 58	20101121	12:55:41	admin

图 8 游客 INFO 文档

ID=0x33 的游客 INFO 详细信息,如图 9 所示。由图可知 ID=0x33 的游客在 A 场馆内参观了 20 min,在 B 场馆参观了 27 min,当前所在位置为 C 场馆,还没有进入 D 场馆。



```

游客信息.INFO:
INFO.ID = 0x33

INFO.A.In = 09:00
INFO.A.Out = 09:20
INFO.A.Stay = 20
INFO.A.pos = false

INFO.B.In = 09:20
INFO.B.Out = 09:47
INFO.B.Stay = 27
INFO.B.pos = false

INFO.C.In = 09:47
INFO.C.Out = 08:00
INFO.C.Stay = 0
INFO.C.pos = true

INFO.D.In = 08:00
INFO.D.Out = 08:00
INFO.D.Stay = 0
INFO.D.pos = false
  
```

图 9 ID=0x33 的 INFO 信息

3.2 人机互动游戏的测试

上述 5 位游客参与人机互动游戏,其中 ID 号为 0x62、0x0F 的两位游客最终完成了互动游戏,其他 3 位游客游戏失败,系统测试结果如图 10 所示。

根据上述互动游戏结果图中的 ID 号,提出头像照片,保存到(winner)文档路径下,并显示互动游戏胜利者的照片,同时指示为互动游戏的胜利者,如图 11 所示。

本文提出了一种基于 RFID 室内定位技术的人机互动游戏方案,利用 RFID 定位技术实现对游客移动轨迹的追踪,并将其应用于游戏互动的识别。本文提出的设计已成功应用于福建某数字博物馆,在博物馆的控制中心可以通过人机互动界面查看各个场馆内的游客流量、游客当前所在场馆、在各个场馆的参观时间



图 10 互动游戏结果

及游客参与人机互动游戏的情况,同时该系统还可以连接到地区的物联网示范网^[7],提高经济效益,大大节约成本。

基于 RFID 的数字博物馆为游客提供了更加自由和人性化服务的同时,也提高了管理人员的工作效率。对博物馆紧急事故的处理带来了便利,保证了游客的人身安全,为博物馆带来更多的经济效益,推动 RFID 产业快速发展。

参考文献

- [1] FINKENZELLER K. 射频识别技术(第 3 版)[M]. 吴晓峰, 陈大才, 译. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] Lionel M N, Liu Yunhao. LANDMAC: Indoor location sensing using active RFID[C]. IEEE International Conference in Pervasive Computing and Communications, 2003: 407-415.
- [3] 汤熠, 朱建勇, 林颖, 等. 基于 Zigbee 与 RFID 的实验室危险物品监控系统[J]. 电子技术应用, 2010, 36(7): 20-23.
- [4] 刘宗元. 基于射频识别(RFID)的室内定位系统研究[D]. 广东: 中山大学, 2009.
- [5] SHIH S T, HSIEH K, Chen Peiyuan. An improvement approach of indoor location sensing using active RFID[C]. First International Conference on Innovative Computing, 2006: 453-456.
- [6] SUNGJUN K, DOOHYUN K. Geographical location based RFID tracking system[C]. World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008.
- [7] 李如年. 基于 RFID 技术的物联网研究[J]. 中国电子科学研究院学报, 2009, 4(6): 594-597.

(收稿日期: 2011-05-28)

作者简介:

周祥云, 男, 1988 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 传感器应用、传感器网络、通信工程。