

应用射频技术的商场智能导购系统^①

牛立成

(浙江商业职业技术学院 信息技术学院, 杭州 310053)

摘要: 设计的电子导购系统, 包括电子标签的选择, 嵌入式 Android 系统的选择, 电子导购系统功能模块的组成. 同时设计了客户端的两大功能模块, 包括促销信息功能模块的设计, 电子地图定位模块的设计. 讨论了定位 RFID 标签的布局, 并利用 RSSI 来评估其接收的信号强度并计算出标签和读写器的距离, 根据相邻的四个标签的坐标, 采用极大似然估计方法获得智能购物车的位置, 能够用于商场内精准的定位.

关键词: 智能导购; RFID 标签; Android; 电子地图; 定位

Intelligent Shopping Guide System Application of RF Technology

NIU Li-Cheng

(School of Information Technology, Zhejiang Vocational College of Commerce, Hangzhou 310053, China)

Abstract: In this paper, an electronic shopping guide system is designed which includes electronic tag selection, embedded Android system selection, and electronic shopping guide system function module. Also the paper designs the client's two function modules, including commodity promotional information function module, electronic map positioning module. The use of RSSI assesses received signal strength and calculates the RFID label and reader distance, got intelligent shopping cart position by using the maximum likelihood estimation method according to the four adjacent coordinates of the tag.

Key words: intelligent shopping guide; RFID tags; Android; electronic map; positioning

1 商场电子导购系统的设计背景

随着现代经济的飞速发展, 人民生活水平不断提高, 商场的规模不断扩大, 带来的问题是, 但消费者对商场的大厅布局不了解, 对商品的促销信息不能精准掌握, 消费者浪费了大量的宝贵时间和精力, 体现出服务的人性化方面有欠缺. 解决这一问题的传统做法是设置多个人力导购员, 或者是发布纸质的导购和促销海报. 这样的解决方法增加了人力资源的成本, 每日都要印刷精美的海报, 造成了大量的浪费. 无论是商场运作的成本, 还是从购物体验的高标准、精准度水准来看, 上述的解决方法是远远不够的.

随着物联网技术的不断成熟与发展, RFID (Radio Frequency Identification) 在物流、零售、制造、防伪等众多领域得到了广泛的应用. 本文就基于 RFID

在商场导购方面提出了解决方案, 该方案涉及智能购物车的方案设计、室内 RFID 标签的布局以及定位的计算.

2 RFID 电子标签的选择

本方案不但需要在商场中进行位置定位, 而且也要随着购物车的移动及时将商品的促销信息显示在智能购物车的显示屏上, 因此需要在商品陈列区设置促销信息电子识别标签 RFID. RFID 射频识别是一种非接触式的自动识别技术, 它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据, 识别工作无须人工干预, 工作频段有低频、高频、超高频以及微波等, 各个频段的传输距离也不同^[1-3], 根据商场实际情况, 可选择传输距离大于 1 米的高频段(如 433MHz)无源 RFID 标签,

^① 收稿时间:2014-10-18;收到修改稿时间:2014-11-28

在商场顶部布局定位标签,在促销商品的柜台区域布置促销信息 RFID 标签.这样当购物车移动至电子识别标签超过1米范围之外时,也可进行识别.

3 智能购物车的方案设计

目前,商场的购物车只是一个装载物品的车子,本方案中的购物车要加装一个智能电子导购器(其英文: Intelligent Electronic Shopping Guide Device,以下简称:导购器),该设备在硬件方面应能够识别 RFID 标签、与 WIFI 网络通信、触摸显示屏以及音频设备.该智能购物车具有显示商场内部的电子地图的功能,并能进行室内位置定位.当购物车移动至相应的促销信息的陈列区域,在触摸显示屏上显示该区域内的的促销信息,同时可以选择语音功能进行播报.

传统的智能电子设备一般多采用8位单片机实现,但随着实际功能复杂度的增加,尤其是实现大量数据采集和保存、彩色图形交互和网络通信等,单片机已很难满足本方案的要求.因此,采用 ARM 架构的处理器的实现方案是较为理想的选择.

3.1 嵌入式 Android 系统的选择

谷歌自2007年11月首次发布 Android,当时它被定位成一款针对智能手机的操作系统,现在 Android 已经取得明显成功,其实 Android 在嵌入式应用中也大有用武之地.当前的很多嵌入式设备和手机具有很多相同的属性:小尺寸液晶显示屏/触摸屏、丰富的图形用户界面、低功耗处理器、丰富的连接选项(蜂窝、无线、蓝牙等).Android 的发展以其开放性、开源性正得到嵌入式设备开发商以及广大软件编程人员的青睐,Android 操作系统完全为 ARM 处理器内核优化^[4-6].这也是智能购物车选择 Android 系统的主要原因.

3.2 导购器设计

(1)导购器功能模块组成结构如图1所示.



图1 导购器功能模块组成结构

(2)导购器通信网络结构如图2所示.

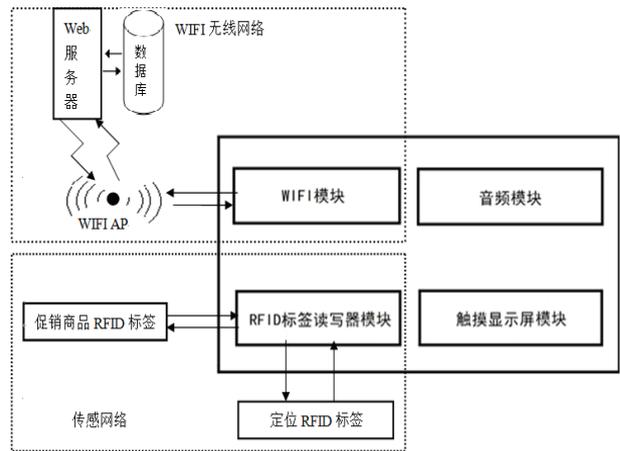


图2 通信网络结构

(3) 导购器功能模块工作流程如图3所示

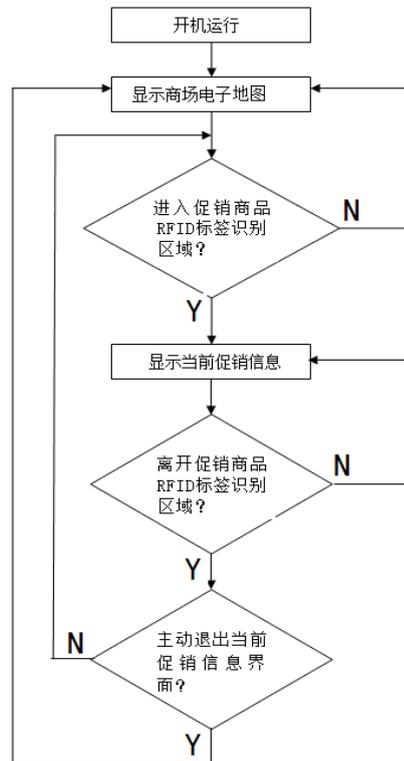


图3 工作流程

消费者打开购物车附加的导购器设备,此刻将显示商场的电子地图,随着购物车的移动,将会进入促销商品的区域,这时导购器将会识别促销信息 RFID 标签,读取促销商品 RFID 标签的内容.消费者购物过程中,如果不需要关心促销商品的信息,通过菜单可以直接退出该功能界面,进入电子地图的模块.

在标签内容设计方面,可以将促销商品的信息直接存储在标签内或者导购器内.由于促销信息每日可能进行发布,这样将面临着每日改写大量的促销商品 RFID 的标签内容,或者每日改写大量的智能购物车上导购器内的促销商品的信息.鉴于以上两个原因,以及标签成本和标签存储容量角度^[1],综合考虑,将促销信息存储在数据库服务器,进行集中管理,这样的设计方案,减少了大量的工作量,而且也不会遗漏某些购物车内容或 RFID 标签内容的及时改写.

3.3 软件系统设计

(1) 导购器客户端设计

客户端的主要功能是利用 RFID 标签读写器,获取商品促销信息标签以及定位标签信号,由于在商场内部布置了定位标签和促销标签,因此为区分两种标签,标签内容可设置特征值,客户端功能处于电子地图定位模块时,将识别出的结果进行过滤,即把促销信息标签的信息过滤掉.同样处于促销信息模块功能时,过滤定位标签的数据.在 Android 中,组件 Broadcast 是一种广泛运用的在应用程序之间传输信息的机制,可以使用 BroadcastReceiver 让应用对一个外部的事件做出响应,当读取完 RFID 标签数据后,系统启动广播, BroadcastReceiver 处理广播接收到的数据,在这里就是将读出的标签数据通过 WIFI 无线网络提交给 Web 服务器.最后服务器返回促销信息或者定位信息的数据.

程序流程如图 4 所示.

① 促销信息功能模块的设计

购物车在商场移动时,RFID 读写器能识别附近的促销商品的标签,可能会读取到多个标签的信息.依据信号传播损耗公式可以在获取的周边接收信号强度(Received Signal Strength Indicator, RSSI)中选择一个最大值,作为购物车显示促销商品信息的依据.伪码如下:

```

Initialization
For each point
    Select Li Max(RSSIi)
End for
Try {
    URL url=new URL(http://website?RFIDLabel=Li)
    HttpURLConnection conn=
HttpURLConnection.openConnection(url)

```

```

If (conn is success){
    InputStream IS=conn.GetInputStream()
    Output(Android screen)
    IS.close()
}
Refresh Li
...
}catch(exception e)
{
Handle exception
}

```

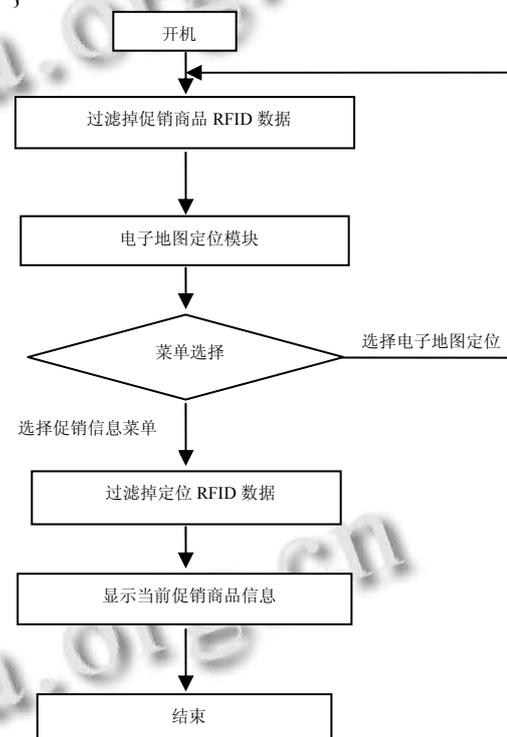


图 4 程序流程

本设计方案是在商品陈列区设置促销信息电子识别标签,而不是每件商品粘贴 RFID 标签(每件商品粘贴电子标签,在成本方面会有增加),也就是说在每列商品货架上设置一个促销信息电子标签,根据 RSSI 信号传播模型下文中的式(1),结合读写器的接受信号功率,科学地在商品货架上进行电子标签布局,使得标签间距略小于读写器能够接受信号的距离.当购物车在商品货架间移动时,即使能够读到多个促销信息的信号,也可以通过程序选择一个较强的信号,显示其相应的促销信息.

② 电子地图定位模块的设计

室内定位技术不同于室外 GPS 定位, 在商场内部环境 GPS 定位不够准确, 而且由于电磁波屏蔽难以满足室内定位的需要^[7-9]. 综合成本、定位精度度以及结合商场的实际情况考量, 本设计方案选择在商场内顶部布局 RFID 标签进行室内定位.

在 Android 系统中, 由于受到内存容量、运算速度和导购器电池的续航能力的限制, 绘制三维地图不是本方案所考虑的, 另外如果使用三位地图的定位, 导致商场内部需要布局大量 RFID 标签. 其实在现实的商场中, 在楼层变化处如扶梯或电梯的出入口设置 RFID 标签来标识楼层数, 这样电子地图按照二维设计即可. Android 系统具有基本的 2D 图形引擎以及有丰富的 API, 绘制每个楼层的二维地图并不是困难的^[9,10], 本文重点关心的是定位的实现.

目前定位算法主要有基于测距算法(range-based)和非测距算法(range-free)两大类, 基于测距算法通过测量节点间的距离和角度信息, 使用三边测量、三角测量或最大似然估计等定位算法. 比较可行的测距技术为 RSSI(接收信号的强度指示)、TOA、TDOA 和 AOA 等^[2,5]. 非测距定位算法则不需要距离和角度信息, 根据网络连通性等信息来实现节点定位. 基于测距的定位算法由于实际测量节点间的距离或角度, 通常定位精度较高, 在各种基于距离的测距方法中, 基于 RSSI 的定位无需额外硬件, 不会增加节点的硬件成本和尺寸, 所以基于 RSSI 的测距是无线传感器网络定位比较常用的方法.

RSSI 利用接收点收到的信号强度, 计算信号在传播过程中的损耗, 使用理论或经验的信号传播模型将传播损耗转化为距离. 常用的传播路径损耗模型有多种^[11,12]. 商场环境中宜采用对数-常态分布模型式(1).

$$P(d)=P(d_0)-10k\lg(d/d_0)-X_o \tag{1}$$

其中, $P(d)$ 表示读写器接收到标签发送回来的信号强度; $P(d_0)$ 表示读写器在参考点 d_0 接收到标签发送的信号强度; k 表示路径长度和路径损耗之间的比例因子, 依赖于障碍物的结构和使用的材料, 它的范围在 2 至 5 之间; X_o 是平均值为 0 的高斯分布随机变数, 也就是信号穿过障碍物的衰减, 其标准差范围为 4 到 10; d_0 表示参考点和标签的距离; d 表示需要计算的标签和读写器间的距离.

根据式(1), 定位标签距离读写器越近, RSSI 越大, 对读写器位置有更大的决定权. 文献[11]中室内地面布局定位标签间隔为 100cm 正方形, 两个标签之间的距离设为读写器的准确识读距离, 略小于其最大读写距离值, 并认为读写器能读到 4 个标签的 RSSI 值. 根据标签的坐标信息以及标签到装有读写器移动机器人的距离, 采用极大似然估计法求得机器人的坐标偏差最大误差小于 15cm, 最小偏差不到 1cm.

本文中定位标签布局为商场的顶部如图 5, 购物车上的读写器测得的信号所对应的距离分别是:

$$AE=d, BE=d, CE=d, DE=d,$$

O 点的水平面二维坐标是购物车所在的位置, 显然上述文献中标签设计以及算法不完全适宜, 现进行适当修改.

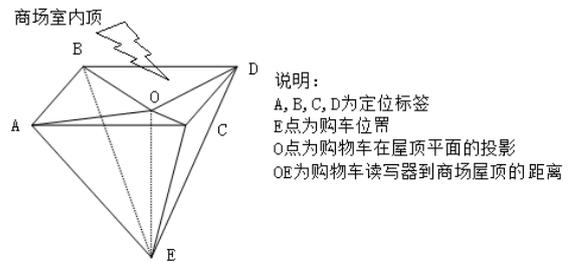


图 5 定位标签布局

为了正确识别欲定位点相邻的 4 个定位标签的信号, 对标签之间的距离设计原则进行修改. 标签之间仍然等间隔分布如图 6, 设相邻标签间距为 d , 购物车读写器到室内顶部垂直距离为 h , 为不失一般性, 购物车在定位标签水平面的投影(点 O)落在点 ABCD 所包围的区域内, 那么购物车到 ABCD 4 个点的最大距离 d_i 总有:

$$d_i < (h_2+2d_2)^{1/2}$$

另一种特殊情况, d_i 取得最大值 $(h_2+2d_2)^{1/2}$ 时, 投影点 O' 点落在 EFGA 所包含的区域内, 这时的相邻定位标签是 EFGAO' 点, 购物车到 ABCD 4 个点的最大距离 d_i :

$$d_i=(h^2+d^2)^{1/2}$$

显然, $(h^2+2d^2)^{1/2} > (h^2+d^2)^{1/2}$, 为了读写器能够读取到至少 4 个相邻定位标签的信号, 要求读写器的最大发射功率达到能读取距离为 $(h^2+2d^2)^{1/2}$ 的标签.

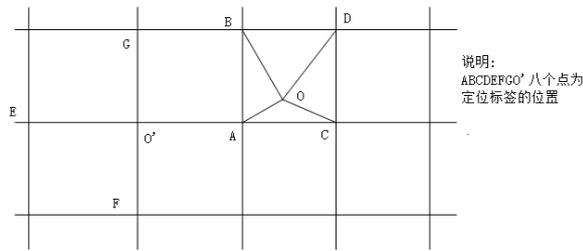


图 6 定位标签布局

在如何获取读写器所在位置周边 4 个定位标签方面, 本文认为即使限制了读写器的功率, 仍然有可能读取到超过 4 个标签的可能性, 如图 6 所示, 当购物车在屋顶平面的投影为 O' 点时, 读到 5 个标签的 RSSI, 因此在程序设计时, 可以选取 4 个较大的 RSSI 所对应的标签来定位. 如果恰好 EFGA 4 个标签的 RSSI 值相同可以选取任意三个, 和 O' 点共同组成四个标签.

已知 4 个定位标签的坐标分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$, 它们到读写器的距离分别为 d_1, d_2, d_3, d_4 , 设装有读写器购物车的坐标为 (x, y) . 那么存在下列方程:

$$\begin{cases} (x_1-x)^2+(y_1-y)^2=d_1^2-h^2 \\ (x_2-x)^2+(y_2-y)^2=d_2^2-h^2 \\ (x_3-x)^2+(y_3-y)^2=d_3^2-h^2 \\ (x_4-x)^2+(y_4-y)^2=d_4^2-h^2 \end{cases}$$

经过演算, 上述方程组表示为: $AX=b$, 其中:

$$A = \begin{bmatrix} 2(x_1-x_4) & 2(y_1-y_4) \\ 2(x_2-x_4) & 2(y_2-y_4) \\ 2(x_3-x_4) & 2(y_3-y_4) \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} x_1^2-x_4^2+y_1^2-y_4^2+d_4^2-d_1^2 \\ x_2^2-x_4^2+y_2^2-y_4^2+d_4^2-d_2^2 \\ x_3^2-x_4^2+y_3^2-y_4^2+d_4^2-d_3^2 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

得到购物车位置坐标: $X=(A^T A)^{-1} A^T b$, 该结果是一个与高度 h 无关的数据.

实验过程中定位标签布局按照上述原则进行设置, 结合文献[13]研究成果以及商场超市环境, 式(1)的比例因子 k 取 2.2, $X\sigma$ 取 6 定位准确度较高, d_0 取为 0.1m, 通过 RFID 读写器取得 4 个信号强度级别最大的

标签坐标 (x_n, y_n) , MATLAB 仿真计算获取读写器到 4 个标签的计算距离 d_n , 得到计算坐标 $V(x, y)$. 实际测量坐标标示为 $R(x_0, y_0)$, 本文定位准确评价指标采用均方根误差 $RMSE=[(x-x_0)^2+(y-y_0)^2]^{1/2}$, 文献[11]的 $RMSE$ 标示为 $RMSE'$, 如下表所示.

表 2 本文定位结果比较

$V(x,y)$	(0.5,0.6)	(1.2,1.3)	(1.5,1.6)	(3.8,3.5)	(4.8,3.3)	(5.5,4.5)	(7.2,2.2)
$R(x_0,y_0)$	(0.55,0.49)	(1.25,1.37)	(1.57,1.58)	(3.83,3.52)	(4.78,3.34)	(5.50,4.51)	(7.31,2.30)
$RMSE$	0.1208	0.086	0.0728	0.0361	0.0361	0.01	0.1487
$RMSE'$	0.1416	0.1034	1.0115	0.0473	0.0467	0.0067	0.136

通过与文献[11]的数据比较, 利用本文采用的参数计算结果发现, 均方根误差 $RMSE$ 相应的有所减少, 这样的结果对于大型商场的定位是能够满足要求的.

(2) WEB 服务器端设计

WEB 服务器主要负责从数据库获取相应标签的促销商品的信息, 获取相应标签的坐标并进行定位计算, 同时将数据通过 WIFI 网络传递给导购器, 它只是一般的 WEB 应用开发, 相对来说非常简单, 这里就不再叙述了.

4 结论

本文分析了目前商场导购的情况, 设计了智能电子购物车. 包括嵌入式 Android 系统的选择, 电子导购系统功能模块的组成. 同时设计了客户端的两大功能模块, 包括促销信息功能模块的设计, 电子地图定位模块的设计. 并在前人的基础上, 讨论了定位标签的布局方案, 利用 RSSI 来评估其接收的信号强度并计算出标签和购物车的距离, 根据相邻四个标签的坐标, 采用极大似然估计方法获得智能购物车的位置.

参考文献

- 1 刘化君, 刘传清. 物联网技术. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- 2 袁正午, 褚静静, 邓思兵, 黄冬黎, 叶玮. 移动终端定位技术发展现状与趋势. 计算机应用研究, 2007, 24(11): 1-5, 14.
- 3 中华人民共和国科学技术部等十五部委. 中国射频识别 (RFID) 技术政策白皮书. 2006. 10-16.
- 4 郑海洲. 基于 android 平台的嵌入式视频监控系统设计. 自动化仪表, 2013, 34(9): 30-33.
- 5 于卫红, 陈燕. 轻量级嵌入式 agent 在 android 平台上的实现. 计算机工程, 2013, 39(7): 298-301.
- 6 吴红权, 赫赤, 韦宏强, 王树恩, 赵志明, 张玉忠, 赵常寿. 基于

- android 平台嵌入式弹道仿真系统研究与实现.系统仿真学报,2013,25(8):1741-1745.
- 7 汪苑,林锦国.几种常用室内定位技术的探讨.中国仪器仪表,2011,30(2):54-57.
- 8 翁宁龙,刘冉,吴子章.室内与室外定位技术的研究.数字技术与应用,2011(5):179.
- 9 舒贤华.基于 Android 平台的手机 Web 地图服务设计[学位论文].大连:大连海事大学,2009.
- 10 张艳芳.Android 手机 Web 地图服务的应用设计[硕士学位论文].南昌:南昌大学,2010.
- 11 王中云.一种基于 RFID 技术的机器人定位算法[硕士学位论文].武汉:武汉理工大学,2007.
- 12 段璞,刘春江,武岳山.RSSI 在 RFID 读写器中的应用.计算机工程,2010,36(22):289-290.
- 13 俱莹.基于 RFID 的室内定位算法研究[硕士学位论文].天津:天津大学,2010.

www.c-s-a.org.cn

www.c-s-a.org.cn