

# 一种基于 RFID 的室内车载监控系统定位方法的设计与实现

蒋浩 高春华 张林 叶保留 陆桑璐

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京 210093)

**摘要** 室内定位是智能家居系统中实现居境信息自主巡检的基础支撑技术。针对现有室内定位算法的不足,提出了一种基于 RFID 的新型室内定位方法。该方法建立基于 RFID 标签映射的地面坐标,借助电子罗盘获取车载系统方向,通过向量方法计算出车载系统的中心位置,有效地解决了室内定位的精度与稳定性问题。基于该方法,设计并实现了一个室内车载监控系统,验证了算法的有效性。

**关键词** 室内定位,RFID,电子罗盘,向量投影算法

## Design and Implementation of a RFID Based Positioning Method for Indoor Vehicle Monitoring System

JIANG Hao GAO Chun-hua ZHANG Lin YE Bao-liu LU Sang-lu

(National Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract** Indoor positioning is one of the key techniques for supporting home environment inspection over smart home. We presented a RFID based indoor positioning method and implemented a smart vehicle system with it to support spontaneous home environment monitoring. In the proposed approach, we first built up an indoor coordinate system using a set of deployed RFID tags, and then dynamically detected the moving direction of vehicle system with an electronic compass. We further presented a vector projection algorithm to compute the center location of the vehicle system, thus improving the precision of indoor positioning. The real performance of the implemented vehicle system shows that our proposed RFID based indoor positioning method can work effectively and efficiently.

**Keywords** Indoor positioning, RFID, Electronic compass, Vector projection algorithm

## 1 引言

随着现代通信、新型传感、无线网络、信息处理等技术的不断发展及社会对“低碳节能”生活方式的热切需求,基于新型网络化计算处理技术的“绿色智能家居”受到广泛关注。在“绿色智能家居”环境中,用户可以随时随地监控居境状态,同时家居设施还能根据环境变化自主地优化工作状态,达到低碳节能、人居和谐效果。为满足这种社会需求,设计了一个支持 Internet 远控的可视室内智能车载家居监控器。该车载监控器以一辆可移动小车为主体,并搭载传感器基站、无线网卡、摄像头等仪器。用户可通过 Web 远程遥控车载监控器的运行轨迹,并基于视频实时巡检室内状态,实时查看家居环境信息。为实现上述功能,需要系统能实时感知车载监控系统在室内的位置,并将其位置信息映射到远程 Web 界面。与此同时,还应支持用户通过 Web 界面控制车载监控系统的运行轨迹和实行定点监视。因此,室内定位是系统实现的核心支撑技术。

在室内环境中存在各种家居设施,因此障碍及干扰源比较多。现有基于信号感知的室外定位技术(如卫星信号、

GSM 等)在室内易受到屏蔽和干扰,定位稳定性受到很大约束。此外,室外定位算法的精度要求相对较低,很难满足室内智能监控需要,其定位精度不精确使其很难在室内使用。针对室内定位需求,一些研究提出了基于视觉触感(如红外、超声波等)的室内定位算法,但这类算法无法避免室内障碍源(如家具、灯光等)的影响,定位准确性受到约束。

针对现有工作的不足,提出了一种基于 RFID(射频识别)的新型室内定位方法。通过在地面铺设 RFID 标签建立室内平面坐标系,并在车载监控系统安装一组 RFID 读卡器和一个电子罗盘,分别用于读取小车当前位置的 RFID 标签及小车运动方向。在此基础上,建立了一个基于 RFID 标签映射的地面坐标及车载移动方向的向量投射算法,实现了室内环境的高可靠精确定位。基于该方法,设计并实现了一个室内车载监控系统,验证了算法的有效性。

## 2 相关技术

目前室内定位所采用的技术主要有超声波、红外、蓝牙、RFID 等。这些技术大都基于视距感知机制来实现,但各自工作特性不一样,分别存在各自的优点和不足之处。

到稿日期:2011-03-12 返修日期:2011-06-22 本文受国家自然科学基金(60903025),江苏省科技支撑计划(BE2010179)及江苏省自然科学基金(SBK200921645)资助。

蒋浩(1989-),男,主要研究方向为普适计算;高春华(1988-),男,主要研究方向为无线网络、云计算;张林(1988-),硕士生,主要研究方向为无线网络、认知无线网络;叶保留(1976-),男,博士,副教授,主要研究方向为普适计算、无线网络, E-mail: yeb1@nju.edu.cn(通信作者);陆桑璐(1970-),女,教授,博士生导师,主要研究方向为普适计算、云计算。

超声波室内定位技术主要采用反射式测距法,通过三角定位等算法来确定物体的位置。即发射超声波并接收由被测物产生的回波,根据回波与发射波的时间差计算出待测距离,有的则采用单向测距法。其优点是整体定位精度较高,结构简单,但超声波受多径效应和非视距传播影响很大,同时需要大量的底层硬件设施投资,成本较高。

红外线室内定位技术采用红外线 IR 标识发射调制的红外射线,通过安装在室内的光学传感器接收来进行定位。虽然红外线具有相对较高的室内定位精度,但是由于光线不能穿过障碍物,使得红外射线仅能视距传播。直线视距和传输距离较短且易受灯光等干扰,这几大主要缺点使其室内定位的效果很差。

蓝牙技术通过测量信号强度进行定位。蓝牙室内定位技术最大的优点是设备体积小、易于集成在移动设备(如 PDA、手机)及个人计算机中,因此很容易推广、普及。理论上,对于持有集成了蓝牙功能移动终端设备的用户,只要设备的蓝牙功能开启,蓝牙室内定位系统就能够对其进行位置判断。其不足在于蓝牙器件和设备的价格比较昂贵,而且对于复杂的空间环境,蓝牙系统的稳定性稍差,受噪声信号干扰大。

在室内定位环境中,被定位物体会遇到一些障碍物(如车载监控系统在桌椅等家具底下),因此那些易受障碍物干扰且仅能基于视距传播的技术(如红外、超声波)无法使用。

RFID 技术利用射频方式进行非接触式双向通信交换数据,以达到识别和定位的目的。这种技术作用距离短,但它可以在几毫秒内得到厘米级定位精度的信息,且传输范围很大,成本较低。同时它具有非接触和非视距等优点,因此可望成为优选的室内定位技术。射频识别的优点是标识的体积比较小,造价比较低。

### 3 系统结构

#### 3.1 室内车载监控系统整体结构

图 1 示出了面向智能家居环境的室内车载监控系统的整体结构。系统主要由室内车载监控和远程 Web 监控两部分组成。室内车载监控上装有摄像头、红外设备、传感器基站以及无线网卡等设备。车载监控系统通过无线网卡与室内无线 AP 连接,从而接入 Internet,与远程用户互动。一方面,车载监控系统通过摄像头捕获居境视频信息,并通过传感器基站来获取传感器感知的居境信息(如温度、光度等环境信息),所有居境信息均保存到后台数据管理系统。另一方面,用户可利用手持设备或计算机通过访问 Web 页面获知居境信息,并可通过 Web 控制室内车载监控系统,进行定点巡检。

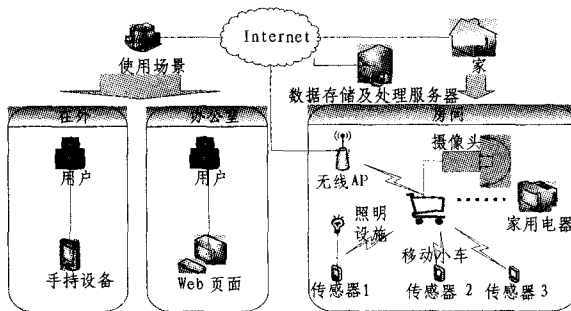


图 1 室内车载监控系统的整体结构图

#### 3.2 室内定位硬件部署

本文提出的基于 RFID 的室内定位方法涉及到的主要硬件设备包括 RFID 标签、RFID 读卡器及电子罗盘。RFID 标签按网格状均匀贴附在室内地面上,同时将标签映射成室内地平面坐标系。RFID 读卡器和电子罗盘安装在车载监控系统中,电子罗盘用于获取车载监控系统的运动方向;读卡器用来读取车载监控系统当前位置的 RFID 标签,以便转换成室内坐标点。为避免 RFID 读卡器因同时读取多个 RFID 标签而产生定位误差,在定位系统中使用 3 个 RFID 读卡器来校正定位误差。

##### 3.2.1 室内地面 RFID 标签部署

首先,将室内地面作为一个二维平面,并把这个平面切割成若干个正方形(见图 2)。每个正方形中心贴附一个 RFID 标签,每个正方形分别作为该标签的作用域。为保证车载监控系统从各个方向驶过该正方形区域时都能扫描到 RFID 标签,系统要求正方形的对角线长度应小于等于车载监控系统读卡器读卡范围截面的长度。本文所提定位方法要求正方形的对角线长度等于车载读卡器读卡范围截面的长度,此时的标签利用率最大。

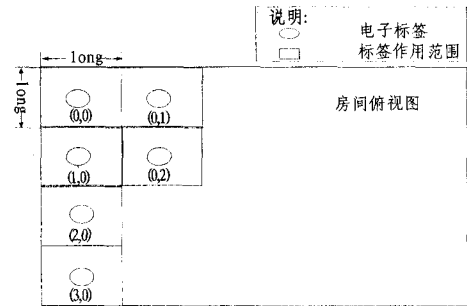


图 2 室内标签部署

标签贴附后需创建标签映射坐标表,建立室内坐标系。标签映射坐标表的记录由三元组(房间索引号, RFID 标签 ID 号,室内坐标)组成,其中,标签 ID 号与室内坐标相对应。

##### 3.2.2 车载读卡器安装

为减少参与定位计算所涉及到的 RFID 标签数,提高定位精确性,需要约束单个 RFID 读卡器的有效读卡范围。但如果只使用一个读卡器,由于受限于读卡范围的影响,需要增加 RFID 标签数量,从而增加标签部署成本。为解决上述问题,可在车载监控系统的底部以横排方式安装多个读卡器,扩大车载监控系统的整体读卡范围,从而减小室内 RFID 标签的数量,降低成本。本文所提定位方法在车载监控系统上安装 3 个读卡器,具体安装位置如图 3 所示。考虑到读卡器之间也存在干扰,在实际部署时读卡器之间需要预留一定间隔(如 1cm 左右)。电子罗盘的安装位置没有特别要求。

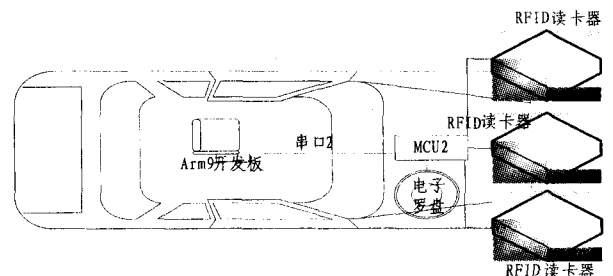


图 3 车载读卡器结构图

## 4 基于向量投射的定位算法设计

为实现室内精确定位,本文提出了一个基于向量投影的定位算法。该向量包含方向和坐标两个元素。其中方向是由电子罗盘感知到的车载监控系统前进方向;坐标则是基于车载读卡器读到的电子标签计算得到的室内地平面坐标点。向量投影定位算法可在已知坐标的情况下,根据车载监控系统的方向通过向量法则,计算出车载监控系统的中心位置。为便于理解,图4和图5分别给出车载监控系统读卡器与中心点结构图和室内房间的抽象图。图4中,车载监控系统的RFID读卡器从左到右可依次标记为1号、2号、3号。图5以一个长方形房间为例,将房间的两个垂直墙作为直角坐标系的 $x$ 轴和 $y$ 轴,墙角作为原点,构建室内坐标系。

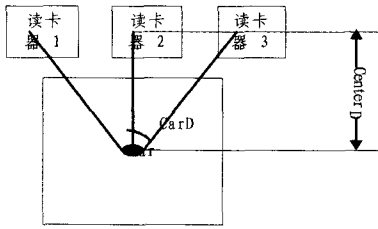


图4 读卡器与车载监控系统中心结构参数图

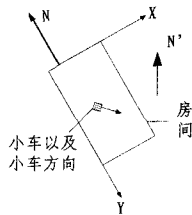


图5 车载监控系统室内运行示意图

### 4.1 车载监控系统方向获取

与室外定位不同,室内定位的参考系应该是房间。由于从电子罗盘中获取的方向以地球为参考系,因此需要把该方向从地球参考系转化为以房间为参考系的方向数据。此外,电子罗盘获取的数据是顺时针偏离地理正北方角度,但房间通常不一定对着正北方,所以需要将偏离正北方的角度转换为偏离房间墙壁的角度,从而建立基于房间的参考系。

在初始化房间参考系时,首先将车载监控系统按图6所示的方式摆放,即沿着墙壁放置车载监控系统。此时可从电子罗盘读取车载监控系统偏离地理正北方 $N'$ 的角度,该角度即为此墙壁偏离地理正北方的角度。图中是 $Y$ 轴的负方向,将此方向设为房间的“虚拟北方” $N$ (即以房间为参考系的“北方”),记为 $D_0$ 。需要注意的是,角度 $D_0$ 是从地理正北方 $N'$ 顺时针到车载监控系统方向的夹角,所以角度范围应是 $[0^\circ, 360^\circ)$ ,如图7所示,该方向作为车载监控系统运行的初始方向。当然,也很容易通过电子罗盘读取车载监控系统在运行中(见图5)与地理正北方 $N'$ 的角度 $D_1$ ,如图8所示。由此,可获得车载监控系统偏离房间的虚拟北方 $N$ 的角度 $D=D_1-D_0$ (见图9),即按顺时针方向从虚拟北方 $N$ 到车载监控系统运动方向的角度。这里有可能是负值,此时需要加上 $360^\circ$ (负值在坐标系中是有意义的)。

为方便起见,本文约定后面所有的角度 $D$ 都是与房间虚

拟北方的顺时针夹角,也即需要用当前电子罗盘度数减去虚拟北方 $N$ 的角度 $D_0$ 。同时,坐标系都以房间为参考系且角度都以角度制。

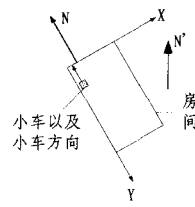


图6 车载监控系统在房间中的初始位置

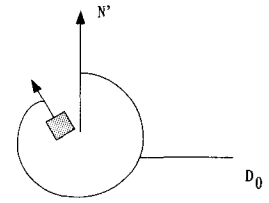


图7 初始时车载监控系统与正北方夹角

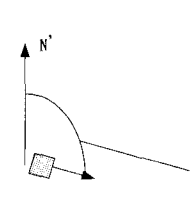


图8 运行时车载监控系统与正北方夹角

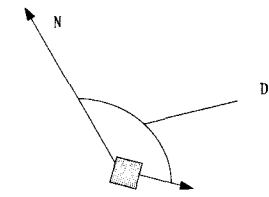


图9 运行时车载监控系统与“虚拟北方”夹角

### 4.2 车载监控系统中心位置计算

如图10所示,以房间的一个墙角为原点,其相邻的墙壁作为 $x$ 轴、 $y$ 轴构建的房间坐标系。假设图中车载监控系统读到的RFID标签在坐标系中的坐标为 $(x, y)$ , $xoffset$ 、 $yoffset$ 则是物理世界中此RFID标签距离墙角的实际长度。由图2可知,已知一个标签对应的正方形范围边长是 $long$ 。因此有如下关系式:

$$xoffset=(x+1/2) \times long \quad (1)$$

$$yoffset=(y+1/2) \times long \quad (2)$$

正方形边长 $long$ 的取值一般是 $long=3 \times$ 读卡器长度的 $1/\sqrt{2}$ 。边长取 $1/\sqrt{2}$ 的3个读卡器长度主要出于以下原因:其一是尽可能扩大 $1/\sqrt{2}$ 一个电子标签的作用范围,这样可以减少电子标签数目;其二是为了保证在车载监控系统前进方向上一定能读到标签(正方形的对角线长度是车载监控系统探测的最大长度,因此正方形的边长应是对角线的 $1/\sqrt{2}$ )。在这种情况下,只有1号和3号可能同时读到标签,其他都不存在同时读到两个或两个以上电子标签的可能性。

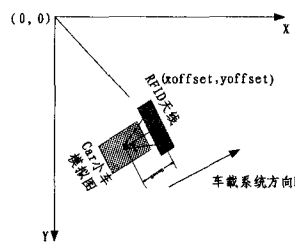


图10 车载监控系统定位图

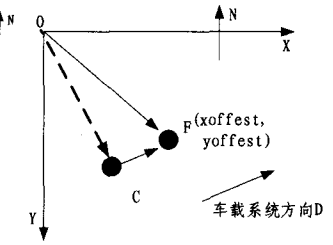


图11 车载监控系统中心、读卡器位置抽象

下面以2号读卡器读到电子标签为例做具体介绍。如图11所示,点 $C$ 为车载监控系统中心位置,点 $F$ 为读到的RFID标签位置。由于是2号天线读到,因此 $CF$ 的方向即为车载监控系统方向。根据前面所述,车载监控系统方向的角度 $D$

是已知的(由电子罗盘数据经计算而来), $C$ 为要求的坐标,所以向量  $OC$  即为所需的向量。根据向量方法计算:

$$\vec{OC} = \vec{OF} - \vec{CF} \quad (3)$$

式中,  $\vec{OF} = (xoffset, yoffset)$ ,  $\vec{CF} = (|CF| \times \cos\theta, |CF| \times \sin\theta)$ 。

设车载监控系统中心坐标  $C$  为  $(Car\_xoffset, Car\_yoffset)$ , 则有

$$Car\_xoffset = xoffset - |CF| \times \cos\theta \quad (4)$$

$$Car\_yoffset = yoffset - |CF| \times \sin\theta \quad (5)$$

式中,  $|CF|$  即是车载监控系统中心与 2 号天线中心的距离  $CenterD$ ,  $\theta$  则是  $X$  轴正方向经顺时针与车载监控系统前进方向的夹角。因为角度  $D$  是“北方” $N$  经顺时针与车载监控系统前进方向的夹角(见图 12), 所以  $\theta$  和  $D$  满足如下关系:

$$\theta = 270^\circ + D \quad (6)$$

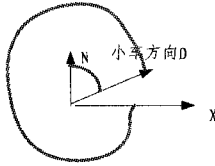


图 12 车载监控系统方向与 X 轴正向夹角

由此代入式(4)、式(5), 就得到车载监控系统距离原点的坐标:

$$Car\_xoffset = xoffset - CenterD \times \cos(270^\circ + D) \quad (7)$$

$$Car\_yoffset = yoffset - CenterD \times \sin(270^\circ + D) \quad (8)$$

若是 1 号读卡器读到电子标签, 则  $|CF|$  应是  $CenterD / \cos(CarD)$ , 其中  $CarD$  为 3 个 RFID 对车载监控系统中心的张角的一半, 如图 4 所示。同时,  $\vec{CF}$  向量的方向不再是车载监控系统前进方向, 而是与车载监控系统前进方向有个逆时针夹角  $CarD$ 。因此,  $\vec{CF}$  向量与房间北方夹角是  $D - CarD$ ,  $\theta$  为  $270^\circ + D - CarD$ 。由此代入式(4)、式(5)得到:

$$Car\_xoffset = xoffset - \left( \frac{CenterD}{\cos(CarD)} \right) \times \cos(270^\circ + D - CarD) \quad (9)$$

$$Car\_yoffset = yoffset - \left( \frac{CenterD}{\cos(CarD)} \right) \times \sin(270^\circ + D - CarD) \quad (10)$$

类似地, 若是 3 号读卡器读到电子标签, 则  $|CF|$  仍是  $CenterD / \cos(CarD)$ ,  $\theta$  为  $270^\circ + D + CarD$ 。由此代入式(4)、式(5)得到

$$Car\_xoffset = xoffset - \left( \frac{CenterD}{\cos(CarD)} \right) \times \cos(270^\circ + D + CarD) \quad (11)$$

$$Car\_yoffset = yoffset - \left( \frac{CenterD}{\cos(CarD)} \right) \times \sin(270^\circ + D + CarD) \quad (12)$$

若是 1 号和 3 号同时读到, 则  $|CF|$  是  $CenterD$ ,  $\theta$  为  $270^\circ + D$ 。车载监控系统中心因为处在 1 号和 3 号读卡器的中心连线的中垂线上, 所以类似于 2 号读到的情况。式(1)、式(2)中的  $xoffset$  和  $yoffset$  则要修改成 1 号读到标签坐标和 3 号读到标签坐标  $(xoffset3, yoffset3)$  的平均值, 即:

$$xoffset = (xoffset1 + xoffset3) / 2 \quad (13)$$

$$yoffset = (yoffset1 + yoffset3) / 2 \quad (14)$$

代入式(4)、式(5)后, 有:

$$Car\_xoffset = \frac{xoffset1 + xoffset3}{2} - CenterD \times \cos(270^\circ + D) \quad (15)$$

$$Car\_yoffset = \frac{yoffset1 + yoffset3}{2} - CenterD \times \sin(270^\circ + D) \quad (16)$$

由此, 得到了各种情况下车载监控系统的中心位置的坐标, 亦即实现了车载监控系统的室内定位。

## 5 室内定位方法的实现

以上述定位算法为基础, 设计了一个室内智能车载系统。具体技术实现机制介绍如下。

定位系统部件的具体部署如第 3.2 节所述。RFID 读卡器及电子罗盘通过一个单片机来组织协同合作。RFID 和电子罗盘读到的数据封装后通过串口传送给车载监控系统主板芯片 ARM9。

车载监控系统的工作过程共分为 4 个步骤(见图 13), 具体如下。

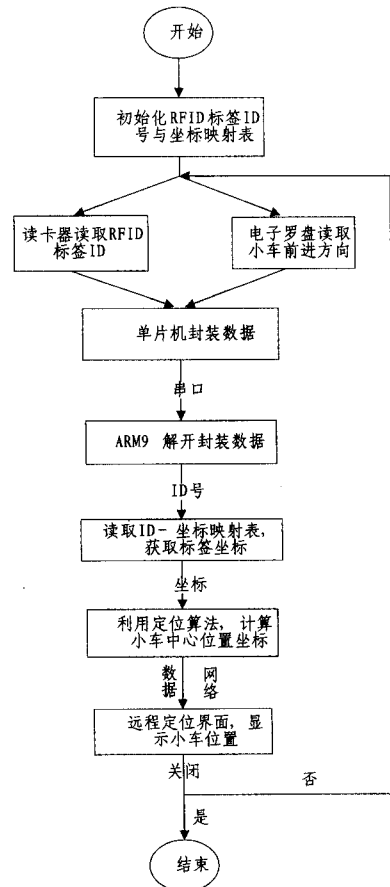


图 13 车载监控系统的定位工作流程图

第一步 系统初始化。将室内 RFID 标签的 ID 号映射成地平面坐标, 生成映射表存储在 ARM9 主板上, 以便在定位时查询出标签坐标。

第二步 封装数据、串口发送。当车载监控系统前进时, 会扫到贴在地面上的电子标签, 这时 RFID 读卡器就会自动

读取标签的 ID 号,然后单片机再读取电子罗盘的方向数据,并把这些数据封装成数据包,通过 ARM9 的串口,发送给 ARM9 主板。

第三步 数据解包、计算定位坐标。ARM9 把接收到的数据包解装,然后查看 ID-坐标映射表,把 RFID 号替换成坐标,再通过定位算法(前面已具体介绍过),计算出车载监控系统的中心位置坐标。

第四步 发送定位数据至网络。ARM 把车载监控系统的中心坐标和前进方向的定位数据通过网络发送给远程系统,并显示车载监控系统的定位图。

如此不断地重复第二至第四步,直至关闭车载监控系统。

结束语 本文提出的基于 RFID 的室内定位方法具有良好的移植性和可扩展性。在移植到不同大小房间时,本方法只需修改 ID-坐标映射表,而无需更改任何硬件设备。基于此定位技术,实现了一个“支持 Internet 远控化的可视智能室内车载监控系统”,验证了算法的有效性。

在未来工作中,将进一步研究读卡器大小及读卡范围对定位精度的影响,优化系统性能。

## 参 考 文 献

[1] 王志浩. RFID 定位的室内机器人管理系统[D]. 南台科技大学

(上接第 7 页)

[37] 严文中. CDN 负载均衡和内容路由研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2005

[38] Hofmann M, Beaumont L R. Content networking: architecture, protocols, and practice [M]. San Francisco, CA, USA; Morgan Kaufmann Publishers, 2005

[39] Nortel Networks. Web OS Switch Software 1.0. 0 Application Guide [EB/OL]. <http://sysdoc.doors.ch/NORTEL/212777-A.pdf>

[40] Foundry Networks. Global Server Load Balancing with Serveriron [EB/OL]. <http://www.genesisglobalinc.com/PDF/foundry-global-server-load-bal.pdf>

[41] Sivasubramanian S, Szymaniak M, Pierre G, et al. Replication of Web Hosting Systems [J]. ACM Computing Surveys, 2004, 36(3): 291-334

[42] Weber S, Cheng Liang. A survey of anycast in IPv6 networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2005, 42(1): 127-132

[43] 张丽, 严伟, 李晓明. Anycast——IP 的又一通信模式 [J]. 计算机研究与发展, 2003, 40(6): 784-790

[44] Fei Z M, Bhattacharjee S, Zegura E W, et al. A Novel Server Selection Technique for Improving the Response Time of a Replicated Service [C]//Proc. the 17th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. 2002, 2: 783-791

[45] Katabi D, Wroclawski J. A framework for scalable global IP-anycast(GIA) [J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2001, 31(2 supplement): 186-219

资讯工程所, 2009

[2] 吴建中, 林毓棠, 陈怡云, 等. 透过 RFID 定位的寻宝机器人 [EB/OL]. <http://eiral.csie.stut.edu.tw/node/118>, 2009-12-08

[3] 游战清, 李苏剑. 无线射频识别技术(RFID)理论与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004

[4] 秦军, 龙建军, 吴百海. 一种超声波三维定位系统的研究[J]. 机床与液压, 2008, 36(8): 209-215

[5] 张东军, 郭文成, 刘莲花. 基于红外超声波光电编码器的室内移动小车定位系统[J]. 微型电脑应用, 2007, 23(5): 1-3

[6] 郑静, 张杰, 华泽钊, 等. 室内超声波定位系统的构建与测试[J]. 上海理工大学学报, 2007, 29(6): 553-561

[7] 罗超. 蓝牙定位测量[J]. 海峡科学, 2007(10): 56-57

[8] Chen Y, Francisco J A, Trappe W, et al. A Practical Approach to Landmark Deployment for Indoor Localization[C]//IEEE Communications Society subject matter experts for publication in the IEEE SECON proceedings. 2006, 1: 365-373

[9] Harter A, Hopper A. A Distributed Location System for the Active Office[EB/OL]. IEEE Network, January 1994

[10] Bahl P, Padmanabhan V N. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), March 2000

[46] Gritter M, Cheriton D R. An architecture for content routing support in the internet [C]//Proc. the 3rd conference on USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems. 2001, 3: 4

[47] Pan Jian-ping, Hou Y T, Li Bo. An overview of DNS-based server selections in content distribution networks [J]. Computer Networks, 2003, 43(6): 695-711

[48] Pathan A M K, Broberg J A, Bubendorfer K, et al. An architecture for virtual organization(VO)-based effective peering of content delivery networks [C]//Proc. the 16th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC). 2007: 29-38

[49] Thaler D G, Ravishankar C V. Using name-based mappings to increase hit rates [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002, 6(1): 1-14

[50] Kapadia A, Triandopoulos N. Halo: High-assurance locate for distributed hash tables [C]//Proc of NDSS. 2008

[51] Saroiu S, Gummadi K P, Gribble S D. Measuring and analyzing the characteristics of Napster and Gnutella hosts [J]. Multimedia systems, 2003, 9(2): 170-184

[52] Clip2 Distributed Search Solutions. The Gnutella Protocol Specification v0. 4 [EB/OL]. <http://www.content-networking.com/papers/gnutella-protocol-04.pdf>

[53] Fujita Y, Yoshida J, Yoshida K, et al. Network Information Mining for Content Delivery Route Control in P2P Network [C]//Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. 2004: 516-522