

快速运动物体的分布式多天线阅读器定位系统

崔英花

北京信息科技大学信息与通信工程学院, 北京 100101

摘要 射频识别技术被广泛应用到室内定位领域。现有的利用射频识别技术的定位系统有很多缺陷,在定位精度、效率、可靠性、成本等方面存在诸多问题。分布式多天线阵列阅读器定位系统可根据各接收天线检测的信号强度、相位差等信息实现快速精确定位。引入本地标识概念可简化标签识别过程,以实现为目标标签的高速识别定位,满足对快速运动物体识别的支持。与传统定位方法相比,引入本地标识的多天线阵列阅读器定位系统在定位速度、定位精度和抗干扰能力上都具有突出的优势。

关键词 射频识别;多天线阅读器;分布式;快速运动物体识别;定位系统

射频识别技术(RFID)具有非接触、非视距、成本低的优点,开始得到越来越多的关注,成为优选的室内定位技术^[1-2]。

在RFID室内定位理论研究方面,国外的关注相对较早。许多高校和企业都在研究RFID定位,提出了不少优秀的定位方案,这其中包括麻省理工学院Project Oxygen开发的Cricket系统^[3-4]、华盛顿大学的SpotON系统^[5]、密歇根州立大学的LANDMARC系统^[6]、微软公司的RADAR系统^[7-8]、IBM公司的BlueBot^[9]系统等。其中SpotON系统根据信号强度分析,利用积集算法对三维空间中的待测标签进行定位,通过设计和定制的参考标签的无线信号衰减获取标签的距离信息,但定位精度不够高,时效性也较差;Cricket是基于射频和超声波的到达时间差(TDOA)定位系统,缺陷是节点的坐标需要事先设置好,一旦环境改变,测量的定位误差会增大;LANDMARC系统引入位置固定的有源参考标签,通过它们提供检测距离方位内的标签信号强度信息来辅助定位,其定位精度很大程度上受到参考标签密度的影响。然而,上述算法为提高定位精度,需要大量布置读写器或参考标签,这不仅增加了系统的建设成本,而且由于阅读器或标签之间相互冲突,会相互干扰并恶化通信信道质量,影响定位的精度。国内从2004年开始陆续有一些高校及科研单位开始对相关技术进行研究,主要体现在对现有算法做优化和研究,强调在实际中的具体应用。例如将现有算法用于煤矿井下人员的定位、

医院室内人员跟踪以及供应链上的物流与零售作业等。目前比较出色的成果是清华大学刘云浩教授提出的Tagoram系统^[10],提出了基于“差分增强全息图”的方法,将精度提高到cm级别,精度比相关工作提高了近40倍,是迄今为止利用商业化设备所取得的最好的追踪结果。该技术首次引入逆孔径雷达思想,克服了测量噪音和标签多样性等困难,利用标签的流动性和位置相关性对其进行精准定位,并成功应用到机场的行李分拣中,相关成果获得第20届国际计算机学会移动与无线通信年会(ACM MobiCom 2014)唯一最佳论文奖。

总体来说,室内RFID定位算法可分为4大类:1)基于测距的定位^[11],例如SpotOn系统;2)基于相位的定位^[12-17],文献^[16]通过利用移动的天线构建SAR系统,在简单全息图上找到了目标标签的位置;Parr^[17]扩展了文献^[16]中提到的技术,在移动的情况下可以确定目标标签是否沿着某条假定的轨迹移动;而Tagoram^[10]利用标签的流动性生成了相反的SAR天线矩阵,标签的追踪精度可以达到mm级精度,同时很好的处理了热噪声及设备多样性的问题;3)基于场景的定位^[18-19],在虚拟标签消除(virtual reference elimination, VIRE)定位系统中,每个阅读器建立属于自己的相近地图^[20],计算出待定位标签可能所在的位置;相近地图既可以用数据训练的方式获得,也可以用计算的方式获得;这样阅读器就可根据接收到的待定位标签的信号强度值与相近地图的匹配度,得到待定

收稿日期:2017-07-31;修回日期:2017-09-07

基金项目:国家自然科学基金项目(61340005);北京市自然科学基金项目(4132012);北京市教委科技发展计划项目(KM201411232011);北京市优秀人才培养资助D类项目(5211524100)

作者简介:崔英花,副教授,研究方向为射频识别,电子邮箱:cui_ying_hua@sina.com

引用格式:崔英花.快速运动物体的分布式多天线阅读器定位系统[J].科技导报,2017,35(18):58-63;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2017.18.007

位标签的可能位置;4) 基于邻近算法的定位^[21]。

通过对目前各种主流定位系统的分析可以看出,尽管相关技术发展迅速,但仍存在一些不足。具体体现在定位误差大、系统成本、不适于在复杂信道环境和快速变化环境下使用等。针对当前定位方法的不足之处,本文将研究一种多天线阅读器定位模型,根据各接收天线检测的信号强度和相位差可以实现精确定位。阅读器对标签位置进行预测,并引入本地标识(local identification, LID)概念,设计了一套新的标签快速识别方法,以实现对目标标签的高速识别定位,满足对快速运动情形的支持。

1 分布式多天线阅读器定位模型

在室内环境下,定位系统往往要求能够达到亚米级甚至厘米级的精度。当前的各种定位系统大多采用了在待定区域布置多个阅读器和参考标签的方法,目标标签通过参考标签定位,因此参考标签的拓扑结构及密度直接影响着定位精度。然而过多的阅读器和参考标签,不但会大大增加定位系统的成本,而且会带来新的干扰。另一方面,由于多径效应和阴影效应的存在,使得位置接近的两点在信号强度上可能存在较大差异,这也是造成定位误差的主要原因。因此阅读器与参考标签阵列之间的位置关系也非常重要。

在体育馆、展览馆、图书馆、商场、仓库等大型室内场所,需要监控的面积非常大,环境也非常复杂,常见的室内定位方法对于这种跨度很长的跟踪系统是不可行的。此外,一些应用场所要求对大量快速运动的物体进行跟踪定位,如地下停车场内移动的汽车、物流中心快速移动的货物、突发事件下奔跑的人群等,对室内定位方法提出了更高的要求。

为了克服这些问题,本文设计了一种基于多天线阅读器的分布式定位体系,如图1所示。

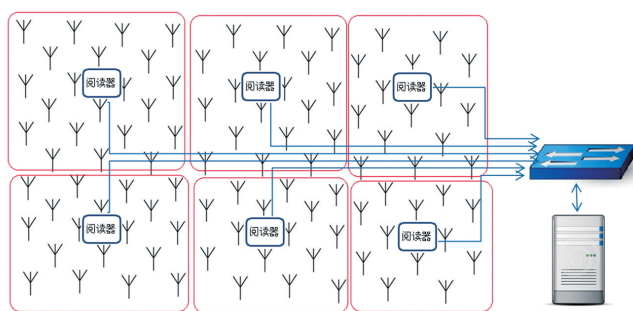


图1 多天线阵列阅读器分布式定位体系模型

Fig. 1 Distributed multiple antenna readers localization system model

在这个体系模型中,整个室内环境被划分为若干个局部区域,每个区域由一个阅读器负责。阅读器具有一组天线阵列,这些天线通过低损耗电缆与阅读器相连。每个阅读器的天线阵列按一定规则排列,控制一个局部定位区域,局部区域如图2所示,每个定位区域使用一个阅读器,采用收发分置

的天线模式设置多个天线,其中若干个天线作为发射天线(图2中用有圆圈天线标识的天线),其他为接收天线。

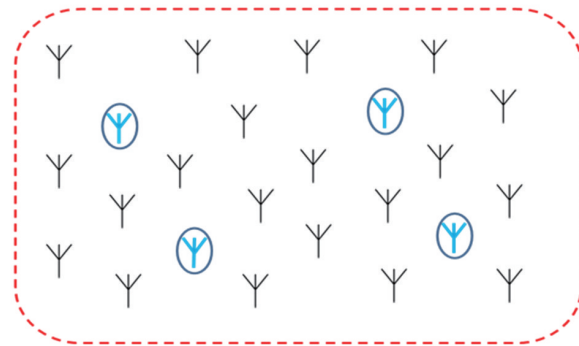


图2 局部区域内的阅读器多天线布置示意

Fig. 2 Arrangement of multiple antennas in local area

阅读器还可以灵活地布置发射天线或接收天线,每次从中选择一个发射天线为工作天线,而关闭其他发射天线,区域内的接收天线都可以接收信号,这些信号被阅读器接收后送到后台的服务器综合处理,以得到最优的跟踪效果。通过设置多天线,每个阅读器可以控制较大面积的局部区域,大大减少了整个室内场所需要的阅读器数量。该方法还避免了大量布置读写器或参考标签所引入的阅读器或标签之间相互冲突、相互干扰并恶化通信信道质量的问题。既提高了定位的速度和精度,又降低了系统的建设成本。

2 发射和接收天线优化选择

在每个局部区域内,均匀放置了许多阅读器天线,根据各接收天线接收到的标签反射信号强度,可以估算出标签与各天线的距离远近。在复杂的多径条件下,单独使用信号强度方法进行距离估计容易造成较大误差。许多商用RFID读写器,例如Impinj R420,能够检测到发送信号与接收信号之间的相位差。在特定的天线和通信频道下,读写器每次对一个标签进行询问,并输出一个与之对应的射频信号相位估计值。RFID产品对接收到的射频信号的相位值可进行高分辨率的检测识别,精度可达0.0015 rad。这样一个精度水平完全可以用来对物体mm级别的位移进行定位。此外,使用相位差方法还可以获取目标标签的角度信息,有利于得到更多精确的定位结果。然而在接收端射频信号的相位值测量会受到热噪声影响,使得实际测量的相位值是一个高斯分布下的随机变量,导致不确定的相位值测量结果。

文献[22]提出了一种基于多天线阅读器的定位方法,但该方法只考虑了接收信号强度,而没有考虑相位因素。本文在文献[22]的基础上,进一步加入了相位信息,使定位更加精确。选择几个接收信号最强的天线,根据信号强度、相位值,并根据对该物体运动轨迹的位置预测,找出若干符合度最好的天线,为它们赋以对应不同的权重,并计算出标签的位置。

设一个局部区域内有 m 个发射天线 $T_i (1 \leq i \leq m)$, n 个接收天线 $R_i (1 \leq i \leq n)$ 这些天线的位置都是已知的, 分别设为 $Z_T (1 \leq i \leq m)$ 和 $Z_R (1 \leq i \leq n)$ 。从中依次选择 $l (1 \leq l \leq m)$ 个不同的发射天线 $T_{s_j} (1 \leq j \leq l, l \leq s_j \leq m)$ (每次选择一个发射天线工作, 而关闭其他发射天线), 所有 n 个接收天线同时接收目标标签的反射信号。每个接收天线 $R_k (1 \leq k \leq n)$ 根据其接收到的信号强度 S_{jk} , 可以得到标签到该天线的距离估计值 D_{jk} , 根据接收的相位信息可以得到距离估计值 D'_{jk} 。接受信号强度越强, 两个估计值越接近, 则接收天线具有更好的符合度。将信号强度按能级分为 10 级, 区域最大直径记为 D , 使用信号能级以及估计值的距离差计算接收天线 R_k 的权重

$$W_{ijk} = \frac{C(S_{jk})}{10} \cdot \left(1 - \frac{|D_{jk} - D'_{jk}|}{D_{\max}} \right) \quad (1)$$

其中, $C(S_{jk})$ 表示信号的能级。

权重小于某阈值 Δ 的天线将不参与下一步计算, 设其权重为零, 即

$$W'_{jk} = \begin{cases} W_{jk} & W_{jk} \geq \Delta \\ 0 & W_{jk} < \Delta \end{cases} \quad (2)$$

设目标标签的位置为 P , 则其位置的最佳估计值 P_{opt} 取值满足

$$P_{\text{opt}} = \arg \min_z \left(\frac{\sum_{\substack{1 \leq j \leq l \\ 1 \leq k \leq n}} W'_{jk} \cdot \left| \|Z - Z_{R_k}\| - D'_{jk} \right|}{\sum_{\substack{1 \leq j \leq l \\ 1 \leq k \leq n}} W'_{jk}} \right) \quad (3)$$

其中, Z 的取值范围为整个局部区域。

由式(3)可知, 得到最优解需要经过大量的计算, 不利于快速定位。选取权重最大的几个接收天线, 根据交叉圆方法, 可以得到对应的估计位置 P' 。以 P' 为中心, 建立一个 $L \times L$ 的矩形区域 (根据速率的不同, L 的大小做自适应变化) 作为目标区域。根据应用的精度要求, 选取大小 $d \times d$ (L 是 d 的整数倍) 的方格, 则使得式(3)取值最小的格点就是所求的位置。这种方式可以大大提高计算速率, 有利于满足快速运动物体跟踪的性能需求。

根据局部区域信号接收和定位情况, 在阅读天线阵列中灵活选择发射天线, 可以消除通信中的阴影效应, 避免出现信号死角现象, 大大增加了方案的适应性。根据应用要求, 可适当调整天线密度, 以获得满意的定位精度。此外, 阅读器通过网络互联, 交互目标标签信息。服务器对这些信息进行访问和分析, 进而为各种基于位置的上层应用提供实时精确的定位信息。

3 引入本地标识实现快速目标定位

阅读器对本区域内的目标标签进行跟踪定位, 并对其运动轨迹进行管理。阅读器间交互信息, 包括目标标签数据、最近的目标标签位置、目标标签运动方向和速率、各接收天线的信号强度、相位信息等, 从而预测目标标签运动的速度、

方向及下一时刻的位置。当标签跨区域时, 阅读器会及时通告邻接区域进行接管处理。

定位系统应能够同时跟踪多个目标, 并对定位目标进行准确地区分, 当若干目标的运动速度较快时, 就对定位系统提出了很高的要求, 传统的方式往往无能为力。为了对快速运动物体进行定位, 必须简化识别过程, 大大减少标签碰撞概率。

下面研究如何对多个已知标签进行快速识别。对于已知的标签通过特殊协议直接进行识别定位, 从而避免了标签碰撞造成的时间延迟; 其次再对其他可能未知的标签做进一步的识别定位, 从而大大减少或消除标签碰撞, 实现快速定位的目的。

具体方案如下:

1) 室内环境一般有若干入口和出口, 当标签从入口进入时, 定位系统为其分配一个本地标识 (LID); 当标签从出口离开时, 系统将清除对应的 LID。

标签 ID 通常较长, 一般有 64 bit、96 bit, 甚至 128 bit 或 256 bit。根据实际情况可以分配一个短一些 (例如 16 bit) 的 LID。对可擦写标签, 系统可以分配一个 LID 写入标签内存中; 对只读标签, 系统可以选择将标签数据的最后 16 bit 作为其 LID, 这种方式极小概率可能出现 LID 重复的现象。

2) 阅读器预测本区域内的标签, 根据标签的 LID 对这些已知标签进行快速识别定位。

通过位置预测, 阅读器可以知道当前本区域内包含哪些已知标签以及它们的 LID。增加一个特殊的阅读器指令, 通知具有指定 LID 的标签进行回复, 就可以完全避免标签碰撞, 直接对相应标签进行识别。

3) 通过标准的 Q 参数^[23]方法完成对剩余标签的识别。

识别完已知标签, 阅读器区域内如果还包含其他标签, 或者恰有 LID 相同的标签, 则通过标准的 Q 参数方法完成对未知标签的识别。

应用上述方法, 将对标签数据的识别转化成对较短的 LID 的识别, 通过增加特殊指令, 绝大多数标签可以直接识别, 避免了标签防碰撞的时间延迟。此外, 标签数据信息在入口处已经被读取, 其后的识别过程, 标签只需要回复很短的信息, 接收天线就可以读取信号并定位。由于 Q 参数方法的系统识别效率最大约为 34%, 标签 UID 长度较长, 其存储数据量更大, 因此相比通常的标签识别过程, 本方案的识别效率可以提高几十到数百倍, 可以满足对快速运动物体的实时定位性能需求。

4 算法仿真分析

传统的接收的信号强度指示 (received signal strength indication, RSSI) 方法^[9]将接收的信号强度直接换算成待定位目标与阅读器的距离。由于室内环境中无线信号传播模型的复杂性, 计算误差较大。而多天线阅读器方法, 接收天线设

置较密集,并可以从中选择信号最强、符合度最好的接收天线参与计算,有效减小定位误差。图3和图4分别比较了RSSI方法以及利用信号强度多天线方法的仿真实验结果。在20 m×20 m的定位区间内,仿真程序根据假定的40个未知标签位置,阅读器天线得到精确的接收功率,在此基础上加上高斯随机变量作为环境干扰作为接收功率的测量值,并以此测量值作为RSSI预测标签距离阅读器天线的距离(在5 m的距离上,环境干扰的信号的信噪比平均为0.03 dB,接收信号的信噪比在41 dB左右)。图3中,实心小正方形代表4个阅

读者位置,星号代表标签的实际位置,空心圆圈代表标签的预测位置,平均误差为0.5918。图4为使用信号强度的多天线方法的仿真结果,可以看出定位平均误差为0.0875。图5为使用信号强度和相位差的多天线方法的仿真结果,其中20个小正方形代表阅读器的天线位置,实心小正方形代表4个发射天线,其余为接收天线。定位平均误差为0.0437。可以看出相位差多天线方法的定位精度比信号强度多天线方法提高一倍左右,大大优于传统的RSSI方法。

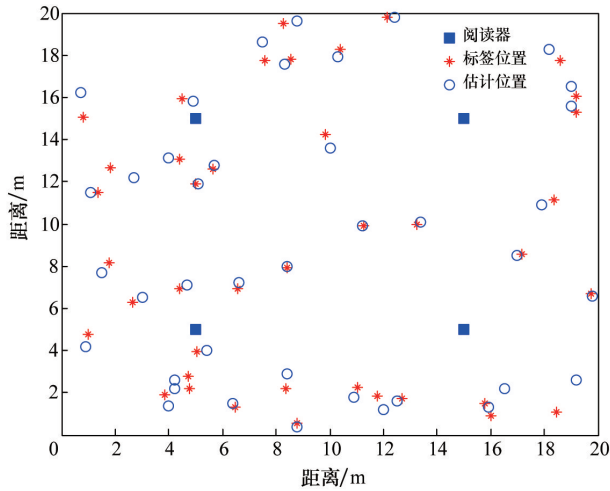


图3 RSSI单天线方法仿真实验结果

Fig. 3 Simulation results of single antenna RSSI method

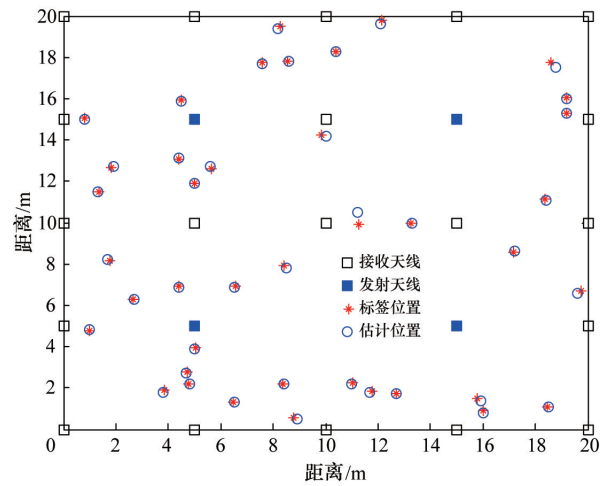


图4 利用信号强度多天线方法仿真实验结果

Fig. 4 Simulation results of multiple antenna method with consideration of the signal strength

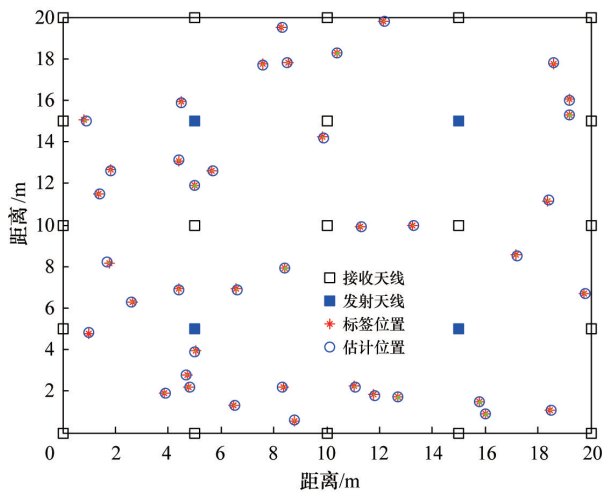


图5 利用信号强度和相位差信息的多天线方法仿真实验结果

Fig. 5 Simulation results of multiple antenna method with consideration of the signal strength and the phase difference

在定位效率方面,RSSI方法必须至少要有3个阅读器方能进行定位,需要3个阅读器各自识别一次。在不考虑标签和阅读器碰撞的情况下,设每次识别的时间为 T_1 ,则至少需要 $3T_1$ 的时间才可以完成定位;而多天线阅读器方法使用1根

天线发射,多根天线接收,只用1次就可以完成识别定位过程,即只使用 T_1 时间完成定位,效率大大提高。

阅读器识别标签一般采用 Q 参数方法,其系统识别效率最大约为34%。通过引入LID,快速定位方法可以基本避免标签碰撞的产生,即识别效率可达到100%。另一方面,标签数据信息在入口处已经被读取,其后的识别过程,标签只需要回复很短的信息。假设标签回复信息的长度为4 bit,相比标签UID,这将大大提高标签识别的效率。通过计算识别标签所需的阅读器与标签之间交互的bit数,可以比较 Q 算法与快速运动定位算法的定位效率。不考虑标签与阅读器信号的一些必要开销,识别一个标签,快速定位方法的开销只需要阅读器发送的16 bit LID与标签回复的4 bit即可,共20 bit。而对于 Q 参数算法,阅读器发送的Query命令携带 Q 参数,标签将选择一个时隙并反馈一个16 bit的RN16随机序列,这需要 $2^9 \times 16$ bit。如果某时隙只有一个标签回复,阅读器则使用该RN16通知标签传递UID等信息,则识别此标签需要 $\text{sizeof(UID)} + 16$ bit。再考虑RSSI方法需要至少3个阅读器才可以完成定位,则完成1个标签的定位,需要3倍时间。图6显示了 Q 参数方法的系统识别效率,而图7则显示了其识别一个标签的平均比特数(UID长度设为96 bit)。可以看出,随着便签个数增加, Q 参数方法识别一个标签的平均比特

数也逐步增加,而快速运动定位方法则始终只需要 20 bit,识别效率提高了几十到数百倍,很好地满足了对快速运动标签的跟踪定位需求。

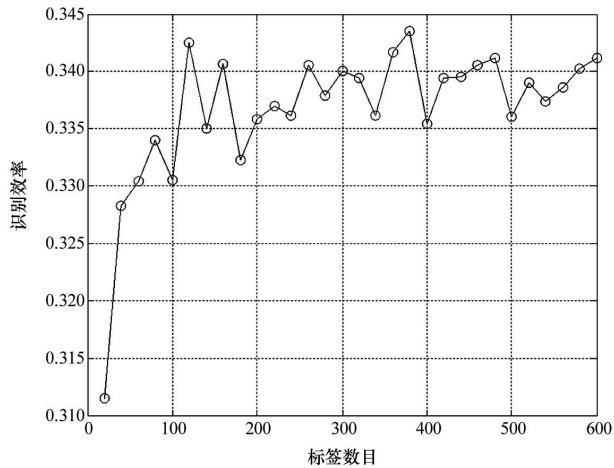


图6 EPC Q参数方法的识别效率

Fig. 6 Identification efficiency of Q parameter method

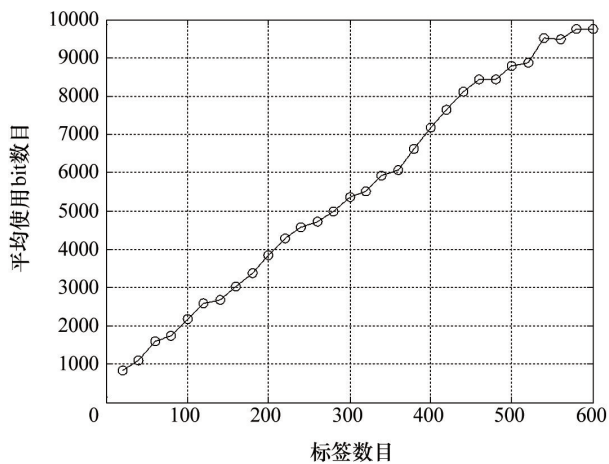


图7 Q参数方法的识别1个标签的平均比特数

Fig. 7 Average number of bits required to identify a tag by Q parameter method

5 结论

介绍了一种分布式多天线阅读器快速定位系统,该系统中的阅读器有多根收发天线,在工作中可以根据接收信号质量决定收发天线的工作状态。通过设置多天线,阅读器可以控制较大面积的定位区域,而灵活选择发射天线,可以消除通信中的阴影效应,避免出现信号死角现象。采用信号强度和相位差等综合信息实现快速精确定位。引入本地标识概念并设计了标签快速识别方法,以实现目标标签的高速定位,满足对快速运动情形的支持。仿真结果表明,新方法在定位精度、定位速度以及抗干扰能力上都有很大的提高,优于传统的单天线阅读器系统和只采用信号强度参数的

多天线系统。同时由于LID的引入,大大提高了目标标签的识别速度,提高了定位系统对高速运动目标的快速识别定位。本研究还有一些不足之处,如实验仿真略显粗糙、快速运动条件下多普勒现象的影响尚未考虑等,将在以后工作中做进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] Want R. An introduction to RFID technology[J]. IEEE Pervasive Computing, 2006, 5(1): 25-33.
- [2] Yang H, Hu X, Zhang Y, et al. An integrate RFID traceability system for the halal supply chain[J]. International Journal of U- and E- Service, Science and Technology, 2016, 9(9): 351-360.
- [3] Smith A, Balakrishnan H, Goraczko M, et al. Tracking moving devices with the cricket location system[C]//Second International Conference on Mobile Systems, Applications and Services. New York: Association for Computing Machinery, 2005: 190-202.
- [4] Priyantha N B, Chakraborty A, Balakrishnan H. Cricket location-support system[C]//ACM International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2000: 32-43.
- [5] Hightower J, Want R, Borriello G. SpotON: An indoor 3D location sensing technology based on RF signal strength[R]. Seattle, WA: UW, 2000.
- [6] Ni L M, Liu Y, Patil A P. LANDMARC: Indoor location sensing using active RFID[C]//IEEE First International Conference on Pervasive Computing and Communications. Piscataway, NJ: IEEE, 2003: 407-415.
- [7] Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system[C]//IEEE Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Piscataway, NJ: IEEE, 2000: 775-784.
- [8] Bahl P, Padmanabhan V N. Enhancements to the RADAR user location and tracking system[R]. Microsoft Research, 2000.
- [9] Patil A, Munson J, Wood D, et al. Bluebot: Asset tracking via robotic location crawling[J]. Computer Communications, 2008, 31(6): 1067-1077.
- [10] Yang L, Chen Y, Li X Y, et al. Tagoram: real-time tracking of mobile RFID tags to high precision using COTS devices[C]//Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2014: 237-248.
- [11] Deka M J, Joshi J, Sinha N, et al. Indoor and outdoor position identification using RFID[C]//2016 International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering. Jaipur: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016: 314-319.
- [12] Zhao Y, Liu K, Ma Y. Similarity analysis-based indoor localization algorithm with backscatter information of passive UHF RFID tags[J]. IEEE Sensors Journal, 2017, 17(1): 185-193.
- [13] Xu H, Ding Y, Li P, et al. Indoor localization using the reference tags and phase of passive UHF-RFID tags[J]. International Journal of Business Data Communications and Networking, 2017, 13(2): 69-82.
- [14] Wang J, Adib F, Knepper R, et al. RF-compass: Robot object manipulation using RFIDS[C]//Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, 2013: 3-14.
- [15] Wang J, Katabi D. Dude, where's my card? RFID positioning that works with multipath and non-line of sight[C]//Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communication. New York: ACM, 2013, 43(4): 51-62.

- [16] Miesen R, Kirsch F, Vossiek M. Holographic localization of passive UHF RFID transponders[C]//IEEE International Conference on RFID. Piscataway, NJ: IEEE, 2011: 32–37.
- [17] Parr A, Miesen R, Vossiek M. Inverse SAR approach for localization of moving RFID tag[C]//IEEE International Conference on RFID. Piscataway, NJ: IEEE, 2013: 104–109.
- [18] Du X, Wu J, Yang K, et al. An AP-centred indoor positioning system combining fingerprint technique[C]//2016 IEEE Global Communications Conference. Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 316–324.
- [19] Pirzada N, Nayan M Y, Hassan M F, et al. WLAN location fingerprinting technique for device-free indoor localization system[C]//2016 3rd International Conference on Computer and Information Sciences. Piscataway, NJ: IEEE, 2016: 650–655.
- [20] Zhao Y, Liu Y, Ni L M. VIRE: Active RFID—based localization using virtual reference elimination[C]//International Conference on Parallel Processing. Piscataway, NJ: IEEE, 2007: 56.
- [21] Yassin A, Nasser Y, Awad M, et al. Recent advances in indoor localization: a survey on theoretical approaches and applications[J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2017, 19(2): 1327–1346.
- [22] Cui Y H. The rapid multiple antennas reader positioning system[J]. High Technology Letters, 2017, 4: 350–354.
- [23] International Organization for Standardization. ISO/IEC 18000–6: 2013, Information technology Radio frequency identification for item management Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz General[S]. ISO, 2013.

Distributed multiple antenna reader positioning system for fast moving objects

CUI Yinghua

Information and Communication Engineering Institute, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100101, China

Abstract In recent years, the RFID is widely used in indoor positioning fields. The existing positioning systems using the RFID technology have some problems in the aspects of the location accuracy, the efficiency, the reliability, the cost and others. A distributed multiple antenna array reader positioning system can achieve a fast and accurate positioning according to the signal intensity and the phase difference detected by receiving antennas. The local identification code can simplify the identification process and achieve a high-speed identification of target tags and meet the requirements of the fast moving object positioning. Compared with the traditional positioning method, the proposed algorithm has prominent advantages in the positioning speed, the positioning accuracy and the anti-interference ability.

Keywords radio frequency identification; multiple antenna reader; distributed; fast-moving object identification; positioning system

(责任编辑 刘志远)