

1-15-2021

Indoor Positioning System Algorithm Based on RFID

Xuejun Shi

Institute of Electrical Automation, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

Zhicheng Ji

Institute of Electrical Automation, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Indoor Positioning System Algorithm Based on RFID

Abstract

Abstract: In order to solve the radio frequency identification (RFID) positioning problem, the working principle, advantages and disadvantages of two positioning methods (AOA and TDOA) were analyzed in detail by comparison, on the basis of which, *an indoor positioning hybrid approach of Ultra High Frequency (UHF) RFID was proposed. This proposed approach took the AOA as the core and integrated the idea of time difference in TDOA. Moreover, the stepping motor and UHF reader were used simultaneously instead of antennas array to make UHF RFID reader whirl around an axis. Therefore, it is easy to scan each tag that can be found with the constant angular rate and estimate their locations.* The simulation results indicate that the accuracy of hybrid approach is better than separate positioning algorithm, which is a more effective and more precise positioning technology.

Keywords

RFID, AOA, TDOA, passive UHF, hybrid approach

Recommended Citation

Shi Xuejun, Ji Zhicheng. Indoor Positioning System Algorithm Based on RFID[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(6): 1294-1300.

基于射频识别的室内定位系统算法研究

石雪军, 纪志成

(江南大学电气自动化研究所, 无锡 214122)

摘要: 针对无源射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)定位问题, 在对比分析基于信号到达角(Angle Of Arrival, AOA)和信号到达时间差(Time Difference Of Arrival, TDOA)2种定位算法的原理和优缺点的基础上提出了无源超高频(Ultra High Frequency, UHF)RFID室内定位混合方法, 该方法以AOA定位算法为核心, 融入了TDOA算法时间差的思想, 并使用步进电机代替天线阵列, 以一定的角速度带着UHF RFID阅读器绕轴旋转扫描标签以估算待定位标签的位置。仿真结果表明: 该室内定位混合方法的精度优于以上任何一种单独的定位算法, 是一种更加有效、定位更加精确的技术手段。

关键词: 射频识别; 信号到达角; 信号到达时间差; 无源超高频; 混合方法

中图分类号: TP391.44

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 06-1294-07

DOI:10.16182/j.cnki.joss.2015.06.021

Indoor Positioning System Algorithm Based on RFID

Shi Xuejun, Ji Zhicheng

(Institute of Electrical Automation, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to solve the radio frequency identification (RFID) positioning problem, the working principle, advantages and disadvantages of two positioning methods (AOA and TDOA) were analyzed in detail by comparison, on the basis of which, an indoor positioning hybrid approach of Ultra High Frequency (UHF) RFID was proposed. This proposed approach took the AOA as the core and integrated the idea of time difference in TDOA. Moreover, the stepping motor and UHF reader were used simultaneously instead of antennas array to make UHF RFID reader whirl around an axis. Therefore, it is easy to scan each tag that can be found with the constant angular rate and estimate their locations. The simulation results indicate that the accuracy of hybrid approach is better than separate positioning algorithm, which is a more effective and more precise positioning technology.

Keywords: RFID; AOA; TDOA; passive UHF; hybrid approach

引言

近几年,随着多媒体业务和数据业务的不断增长,人们对定位与导航的需求越来越大,特别是在常常需要确定移动终端、物品等位置信息的复杂室

内环境中,如图书馆、停车场、机场大厅等。全球定位系统(Global Positioning System, GPS)是一种全天候的卫星导航系统,能够向全球范围内的用户提供准确的时间信息和连续的三维位置,已经能为用户提供高精度的室外定位服务,但是GPS需要卫星和定位目标之间持续地进行信号传输。由于室内干扰源较多,卫星信号在室内易受到屏蔽,无法顺利完成定位,为了克服GPS定位技术的缺陷,需要采用其他无线定位手段来进行室内定位^[1-3]。



收稿日期: 2014-05-09 修回日期: 2014-09-19;
基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)
(2013AA040405);
作者简介: 石雪军(1989-), 男, 江苏南通人, 硕士,
研究方向为控制理论与控制工程; 纪志成(1959-), 男,
浙江杭州人, 博士, 教授, 博导, 研究方向为风能转
化系统多目标优化控制方法研究、电力电子及电力传
动研究等。

<http://www.china-simulation.com>

• 1294 •

目前比较主流的室内定位技术有蓝牙定位技术、声纳测距定位技术、RFID 感知定位技术、ZigBee 定位技术等, 这些室内定位技术主要采用了声波信号、无线电信号等, 它们都有各自的优缺点, 例如蓝牙定位具有亚米级的定位精度, 但需要普及蓝牙基站, 成本较高; ZigBee 系统具有较低的建设成本且节点功耗低, 但单一的 ZigBee 节点覆盖范围小, 难以满足大范围的定位需求。RFID 被认为是物联网的一项支撑技术, 它利用射频的方式进行非接触式双向通信, 有效传输、储存和检索数据以达到识别和定位的目的, 完整的 RFID 系统是由标签、阅读器和应用系统组成, 阅读器通过特定的射频信号和协议读取标签上的信息, 而 RFID 标签又分为有源和无源两类。无源电子标签内部没有供电电源, 它是通过接收到的电磁波进行驱动; 而有源电子标签内部本身具有电源供应器, 通过设定的频段向外发送信息。RFID 具有抗污染能力、穿透性、定位精度高等特点, 可以工作在任何恶劣的环境中, 在生产、安检和煤矿等方面已经都有了成熟的应用^[4-5], 因其良好的应用前景, RFID 被称为本世纪最具前途的定位技术之一, 根据定位过程中未知节点是否需要周围信标节点提供距离信息, 可以将其分为基于测距和非测距的两类定位算法, 其中测距定位算法主要包括测量信号达到时间 (Time Of Arrival, TOA)、测量信号达到时间差 (Time Difference Of Arrival, TDOA)、测量信号达到角 (Angle Of Arrival, AOA) 以及测量信号强度值 (Received Signal Strength, RSS) 等^[6-7]。

文献[8-9]对以上几种定位算法的优势和局限性进行了相关阐述, 针对其局限性, 本文在介绍 AOA, TDOA 算法原理的基础上提出了一种基于无源 UHF RFID 混合定位方法, 该方法采用的超高频系统具有较快的数据传输速率, 在很短的时间可以读取大量的电子标签且读取距离比较远; 采用步进电机控制两个带有足够无源标签的超高频 RFID 阅读器来读取 RFID 标签的位置信息, 改善了 AOA 算法中天线阵列信号方向无法区分以及硬件开销

大和 TDOA 定位技术在非视距情况下性能急剧下降等缺点。

1 传统室内定位估计模型分析

1.1 信号到达角定位技术

基于信号到达角的定位技术是利用基站的天线阵列或有向天线测量来自于移动台电波信号的入射角度, 从而构成基站与移动台之间的径向连线即测位线, 这两条测位线的交点即为待测目标的位置, 如图 1 所示。

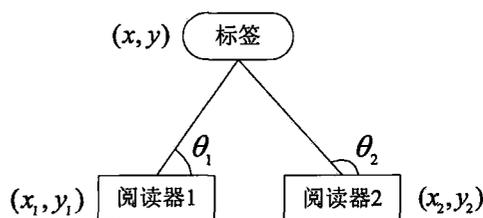


图 1 信号到达角定位示意图

由于 2 条测位线只相交于一点, 因此该方法不会产生定位模糊性, 但是每个小区基站上需要放置 4~12 组天线阵列或有向天线, 它们需要同时进行工作从而确定移动终端发送的电波信号相对于基站的角度。当多个基站同时发现了信号源时, 那么分别从基站引出射线, 它们的交点即为移动台的位置。

由图 1 可知, 阅读器 1 和阅读器 2 (基站) 接收到电子标签 (移动台) 发送的电磁波信号相对于阅读器的角度值分别为 θ_1 和 θ_2 。已知阅读器 1 和阅读器 2 的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 收信角度为 θ_1, θ_2 , 由信号到达角定位技术算法原理即可求解出两条测位线的交点即待测目标的位置, 算法原理如下: 已知收信角度 θ_i , 由正切公式得

$$\tan \theta_i = \frac{y - y_i}{x - x_i} \quad (i=1, 2) \quad (1)$$

定义 $r_{AOA,i}$ 为电子标签发送的电波信号相对于阅读器的实际角度, 则

$$r_{AOA,i} = \theta_i + e_{AOA,i} = \arctan \frac{y - y_i}{x - x_i} + e_{AOA,i} \quad (2)$$

将(2)式写成向量形式即有

$$r_{AOA,i} = A_{AOA} + e_{AOA} \tag{3}$$

其中： r_{AOA} 是实际角度向量； e_{AOA} 是角度误差向量； A_{AOA} 为电子标签和阅读器之间的测量角度。这些向量可以写成如下形式：

$$r_{AOA} = [r_{AOA,1} \quad r_{AOA,2}]^T \tag{4}$$

$$e_{AOA} = [e_{AOA,1} \quad e_{AOA,2}]^T \tag{5}$$

$$A_{AOA} = \begin{bmatrix} \arctan \frac{y - y_1}{x - x_1} \\ \arctan \frac{y - y_2}{x - x_2} \end{bmatrix} \tag{6}$$

由此可求解出待定位目标的位置为

$$\begin{cases} x = \frac{y_2 - y_1 - x_2 \tan \theta_2 + x_1 \tan \theta_1}{\tan \theta_1 - \tan \theta_2} \\ y = \frac{-y_2 \tan \theta_1 + y_1 \tan \theta_2 - (x_1 - x_2) \tan \theta_1 \tan \theta_2}{\tan \theta_2 - \tan \theta_1} \end{cases} \tag{7}$$

基于信号到达角的定位技术只需要两个基站参与就能确定移动台的位置信息，不会产生定位模糊性，算法易于实现且基站和移动台之间不需要同步计时功能。但是大部分节点的天线都是全向的，无法区分信号来自于哪个方向；装有天线阵列或有向天线的节点能耗高且硬件开销较大，当移动台距离基站较远时，定位角度的微小偏差会使定位距离产生较大的误差，所以该测距技术实用性较差^[10-11]。

1.2 信号到达时间差定位技术

信号到达时间差定位技术是通过计算各个基站与移动终端的信号到达时间差从而将基站-终端的同步问题转化成基站-基站的网同步问题。由 TDOA 定位技术原理知它是通过信号到达时间差计算出移动终端和基站之间的距离差，而不是以信号到达绝对时间来确定待测目标的位置，大大降低了对时间同步的要求。TDOA 定位算法原理如图 2 所示：由几何知识，电子标签到 2 个固定阅读器 1 和阅读器 2 之间的距离差不变，因此标签位于以阅读器 1 和阅读器 2 为焦点的其中一条双曲线上。

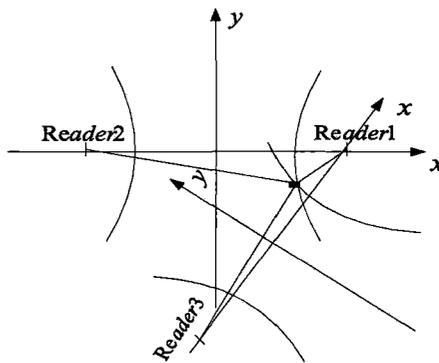


图 2 信号到达时间差定位示意图

通过信号到达时间差定位原理示意图可知：

$$d_i^2 = (x_{Tag} - x_{Reader i})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader i})^2 \tag{8}$$

将式(8)展开得

$$d_i^2 = x_{Tag}^2 + y_{Tag}^2 - 2x_{Tag}x_{Reader i} - 2y_{Tag}y_{Reader i} + \zeta_i \tag{9}$$

其中 (x_{Tag}, y_{Tag}) ， $(x_{Reader i}, y_{Reader i})$ 分别表示待定位标签和第 i 个阅读器的二维坐标； d_i 为标签到第 i 个阅读器的距离； $\zeta_i = x_{Reader i}^2 + y_{Reader i}^2$ 。令 $d_{i,1}$ 表示待定位标签与第 $i (i \neq 1)$ 个阅读器和与第 1 个阅读器之间的距离差，则有：

$$d_{i,1} = d_i - d_1 = vt_{i,1} \tag{10}$$

式中： v 表示射频信号在空气中的传播速度； $t_{i,1}$ 为标签与第 $i (i \neq 1)$ 个阅读器和与第 1 个阅读器之间信号传播的时间差。因此由公式(8)和(10)可以得到方程

$$d_{i,1} = \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader i})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader i})^2} - \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader 1})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader 1})^2} \tag{11}$$

由图 2 可知，待定位标签与第 1 个和第 2 个阅读器之间的距离差以及和第 3 个阅读器之间的距离差固定不变，即公式(12)和(13)的值为定值：

$$d_{2,1} = d_2 - d_1 \tag{12}$$

$$d_{3,1} = d_3 - d_1 \tag{13}$$

根据式(11)，(12)和(13)可知

$$d_{2,1} = \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader 2})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader 2})^2} - \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader 1})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader 1})^2} \tag{14}$$

$$d_{3,1} = \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader 3})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader 3})^2} - \sqrt{(x_{Tag} - x_{Reader 1})^2 + (y_{Tag} - y_{Reader 1})^2} \tag{15}$$

对公式(14)和(15)进行线性化处理:

$$d_i^2 = (d_{i,1} + d_1)^2 = d_{i,1}^2 + 2d_{i,1}d_1 + d_1^2 \quad (16)$$

将式(9)和(16)联立方程组可得

$$d_{i,1}^2 + 2d_{i,1}d_1 + d_1^2 = x_{Tag}^2 - 2x_{Tag}x_{Readeri} + y_{Tag}^2 - 2y_{Tag}y_{Readeri} + \zeta_i \quad (17)$$

又因为

$$d_1^2 = x_{Tag}^2 + y_{Tag}^2 - 2x_{Tag}x_{Reader1} - 2y_{Tag}y_{Reader1} + \zeta_1 \quad (18)$$

所以由公式(17)和(18)可得

$$d_{i,1}^2 + 2d_{i,1}d_1 = -2x_{Tag}x_{Readeri} - 2y_{Tag}y_{Readeri} + 2x_{Tag}x_{Reader1} + 2y_{Tag}y_{Reader1} + \zeta_i - \zeta_1 \quad (19)$$

其中: x_{Tag} , y_{Tag} 是未知数, 上式为二元一次线性方程, 可以用最小二乘法求解, 建立输出方程

$Y = AX$, 其中

$$A = 2 \begin{bmatrix} x_{Reader2} - x_{Reader1} & y_{Reader2} - y_{Reader1} \\ x_{Reader3} - x_{Reader1} & y_{Reader3} - y_{Reader1} \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} \zeta_2 - \zeta_1 - d_{2,1}^2 - 2d_{2,1}d_1 \\ \zeta_3 - \zeta_1 - d_{3,1}^2 - 2d_{3,1}d_1 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{Tag} \\ y_{Tag} \end{bmatrix} \quad (20)$$

A 为非奇异矩阵, 由数学知识得最小二乘法有唯一解即 $X = A^{-1}Y$, 从而可以求解出待定位目标的位置信息, 实现精确定位。

基于 TDOA 测距技术的定位系统如 GPS 已经在室外定位的应用研究上取得了极好的效果。当移动终端和基站距离间隔很远时, 信号到达时间差定位系统的定位性能比信号到达角定位系统效果好, 同时也不需要时间同步功能, 但是实现 TDOA 的网同步系统需要很高的成本并且在非视距环境中, 信号到达时间差定位系统的定位性能会急剧下降, 具有一定的局限性^[12]。

2 无源 UHF RFID 定位模型分析

基于无源超高频 RFID 的定位系统模型是由阅读器、标签、步进电机和控制模块 4 个部分组成, 如图 3 所示, 该定位系统使用步进电机代替有向天

线或天线阵列, 以一个恒定的角速度 ω 带着 UHF RFID 阅读器绕轴旋转, 扫描射频信号覆盖范围内的标签以估算其位置, 当系统工作时阅读器发出射频信号, 位于阅读器信号覆盖范围内的标签被激活, 通过内置的射频天线将自身携带的信息通过电磁波发送出去; 阅读器的天线接收到标签发送的调制信号, 对其进行解调和解码处理后将采集到的信息传输到控制模块中。控制模块是一个单片集成电路, 当标签发送存储在芯片中的信息给阅读器时, 控制模块收集阅读器采集到的数据并且控制步进电机工作。鉴于超高频系统具有较快的数据传输速率, 在很短的时间内可以读取大量的电子标签并且读取距离比较远等特点, 因此在实际环境的应用中, 使用 UHF RFID 技术是非常有必要的^[13]。

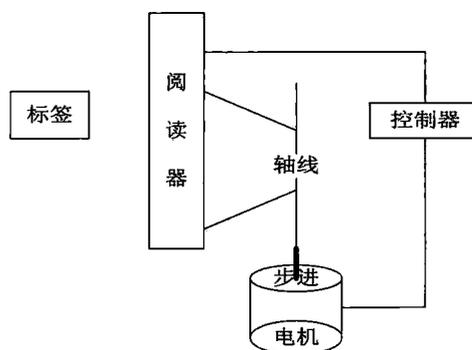


图 3 无源超高频 RFID 定位系统

在阅读器、标签、步进电机和控制模块四个部分当中, 最关键的因素是阅读器, 它的工作依赖于叶形图案的覆盖区域^[14-15], 即阅读器信号的覆盖范围, 如图 4 所示。

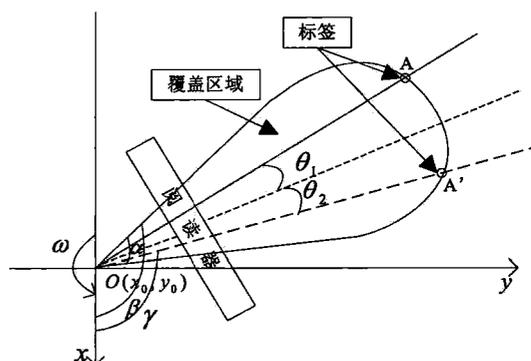


图 4 叶形图案的覆盖区域

叶形图案的覆盖区域是一个对称图形, 待定位标签 A 进入叶形图案时记时间为 t_0 , 离开图案时的时间记为 t_1 , 图中 A' 为标签 A 的对称点。假设 ω 是步进电机的恒定角速率, $O(x, y)$ 是二维坐标的原点, β 是经过时间 t_1 后的角度, α 为参考角度, 其角度值不小于叶形图案的实际角度值。当步进电机工作时, 如果标签进入了阅读器信号的覆盖范围时则标签被激活, 此时发送一个带有位置信息的信号给阅读器; 如果标签在阅读器发射信号的范围之外, 标签则处于未激活状态, 不会发送反馈信号。运用 TDOA 定位技术手段中时间差值的概念求解角度, 根据叶形区域对称的原则有 $\theta_1 \approx \theta_2$, 假设有一个角度值为 θ , 令 $\theta = \theta_1$ 或者 $\theta = \theta_2$, 根据标签进入阅读器信号覆盖范围的时间 t_0 和离开的时间 t_1 可以求解出角度 θ 和 β 的数值, 方程如下:

$$\theta = \frac{t_1 - t_0}{2} \omega \quad (21)$$

$$\beta = \omega t_1 \quad (22)$$

根据图 4 中角度 θ , β 和 γ 之间的关系有

$$\gamma = \beta - \left(\frac{\alpha}{2} + \theta \right) \quad (23)$$

将公式(21), (22)带入到公式(23)中, 即有

$$\gamma = \frac{t_1 + t_0}{2} \omega - \frac{\alpha}{2} \quad (24)$$

通过方程(24)和坐标 $O(x_0, y_0)$, 可以得到进入叶形图案时标签 A 的线性方程。令 k 为经过坐标原点 $O(x_0, y_0)$ 的直线的斜率, 则

$$k = \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad (25)$$

其中 $k = \tan \gamma$ 。

当系统布有 2 个 UHF RFID 阅读器时, 可以通过联立方程组求解待定位标签的位置, 其定位系统中阅读器和标签的布局如图 5 所示, 该定位系统中放置了两个 UHF RFID 阅读器, 分别由步进电机以恒定的角速度 ω 控制旋转。阅读器 1 和阅读器 2 工作时互相独立, 当计算测位线 $L1$ 和 $L2$ 的斜率时, 步进电机分别独立带着阅读器 1 和阅读器 2 绕轴旋转扫描待定位标签以避免信号的相互干扰。

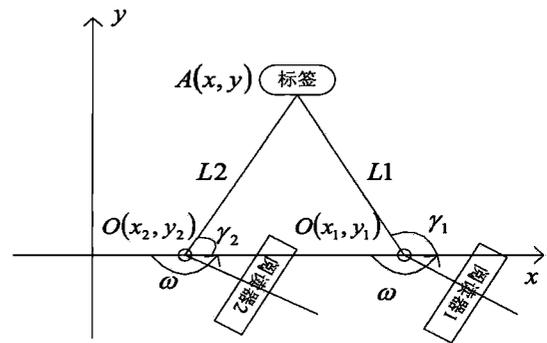


图 5 无源 UHF RFID 混合定位系统

扫描完成之后, 所有位于阅读器信号覆盖范围内的标签, 它们的位置坐标 (x, y) 都能由线性方程(26)估算出来, 其公式如下:

$$\begin{cases} x = \frac{(y_1 - k_1 x_1) - (y_2 - k_2 x_2)}{k_2 - k_1} \\ y = \frac{k_1(k_2 x_2 - y_2) - k_2(k_1 x_1 - y_1)}{k_2 - k_1} \end{cases} \quad (26)$$

式中: $k_1 = \tan \gamma_1$, $k_2 = \tan \gamma_2$ 。

基于无源 UHF RFID 的混合定位方法改善了 AOA 定位技术无法区分信号方向、装有天线阵列或有向天线的节点能耗高以及硬件开销较大和 TDOA 定位算法在非视距情况下定位性能急剧下降等方面的不足。用步进电机代替天线阵列, 角度值可由步进电机的恒定角速度进行精确地求解, 误差较小。超高频 RFID 阅读器使定位的距离更远, 对于室内的定位完全能够满足其定位距离的要求, 并且当步进电机旋转角速度大小适当时, 时间差变量的测量就会更加精确, 从而使整个系统求解出的待定位目标的位置与其实际位置之间的误差就越小。

3 仿真结果与分析

采用 MATLAB 软件对基于无源 UHF RFID 的混合定位算法进行仿真实验, 并在同样的环境下对传统定位算法 TDOA, AOA 进行仿真计算, 对比分析了三者的定位精度。假设定位空间大小为 10×10 m 的矩形空间, 待定位标签的位置和阅读器的位置均已知, 步进电机的转速 ω 为 10 %s, 参考角度 α 为 40° , 并且测量距离受到均值为 0, 方差为 5 的高斯白噪声的污染。

图 6 中(a), (b), (c)分别表示的是无源 UHF RFID 混合定位方法、TDOA 定位算法和 AOA 定位算法在同一环境下对室内多目标进行定位的仿真效果图, 从图中可以直观地看出每一种定位方法的测距效果, 由无源 UHF RFID 混合定位算法所测

量出的目标位置最接近其真实值, 相比之下 TDOA, AOA 算法的定位性能较差。但是当待定位标签位于 UHF RFID 阅读器附近时, 基于无源 UHF RFID 定位方法的性能反而下降。

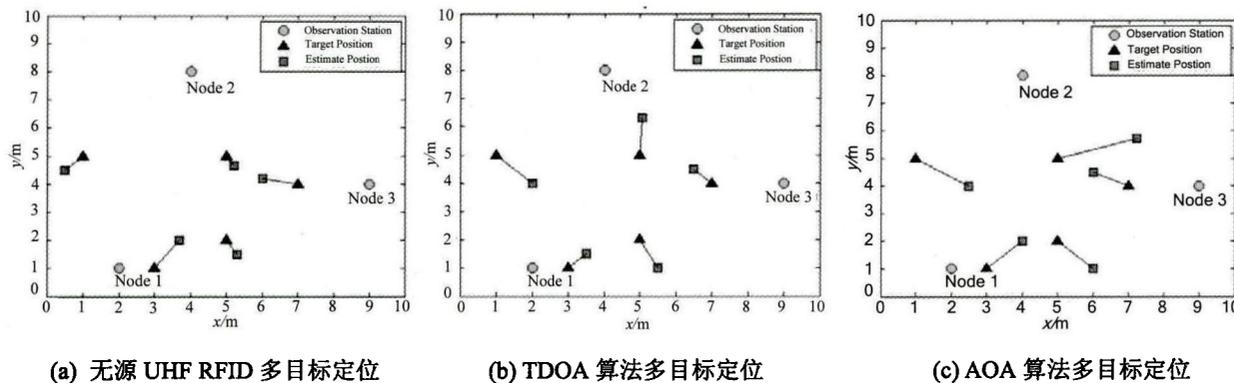


图 6 室内多目标定位效果对比图

表 1 分别给出了无源 UHF RFID, TDOA 和 AOA 3 种定位算法的定位精度, 从数量上分析了 3 种不同算法对室内多目标定位性能的影响。从表 1 中可以看出无源 UHF RFID 混合定位方法的精度最高, 但是当目标位于阅读器附近时, 基于无源 UHF RFID 定位方法的精度反而下降, 这是由于 UHF RFID 阅读器同时工作时发射信号之间存在严重干扰, 导致发射信号的覆盖区域不对称, 影响了 γ 值估算的准确性, 从而使整个系统的定位性能下降。

表 1 3 种不同定位算法的定位精度

Target Position	(1,5)	(3,1)	(5,5)	(5,2)	(7,4)
Hybrid (m)	0.72	1.33	0.18	0.55	0.99
TDOA (m)	1.51	0.82	1.38	1.24	0.84
AOA (m)	1.87	1.51	2.54	1.47	1.11

为了降低 UHF RFID 阅读器发射信号之间的干扰, 使定位更加精确, 该混合定位系统中阅读器采用独立的工作方式, 但是这将使得它们的扫描时间是一个阅读器扫描时间的 2 倍, 导致工作效率下降。该系统的工作时间和步进电机的角速度关系如图 7 所示。

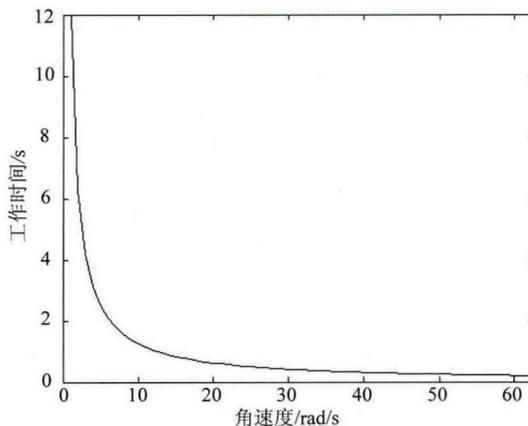


图 7 角速度与工作时间关系图

由图 7 可知无源 UHF RFID 混合定位系统的工作效率依赖于步进电机的角速度, 当电机角速度 ω 逐渐增大时, 系统的工作时间逐渐减小。但是随着角速度的增大, 系统的定位误差也会越来越大, 为了分析步进电机角速度对定位误差的影响, 步进电机以不同的角速度带着阅读器旋转对待定位目标进行定位, 其角速度与定位误差关系如图 8 所示。由图 8 可知, 步进电机的角速度对无源 UHF RFID 定位系统的定位精度有很大影响, 这是因为阅读器的旋转速度越快越无法准确标记位于阅读器射频信号覆盖范围内的标签进入和离开叶形区域的时

间 t_0 和 t_1 , 使得 $t_1 - t_0$ 误差变大, 无法准确测量计算角度 γ 的数值, 致使整个系统的定位精度下降。

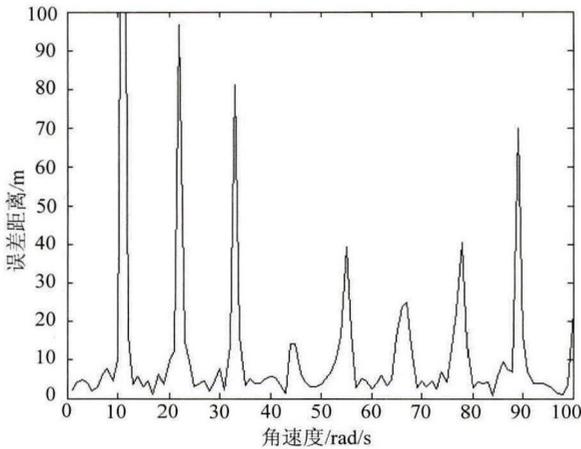


图 8 角速度与计算误差关系图

4 结论

本文在分析 TDOA, AOA 定位算法原理以及优缺点的基础上, 提出了一种基于无源 UHF RFID 的静态目标定位方法, 并将其与 TDOA, AOA 算法进行了比较, 由仿真结果可知, 使用 UHF RFID 阅读器的混合算法在室内环境中的定位效果要优于 TDOA、AOA 算法中任意一种单独算法的定位效果, 而且该系统通过步进电机扭转阅读器来取代天线阵列装置, 节约了系统设计成本。当 GPS 系统在室内无法进行有效的信号传输, 不能实现室内定位时, 我们可以通过本文研究的混合定位方法结合 GPS 系统有效地解决这个问题, 使室内定位结果更精确。但是由于无源 UHF RFID 目标定位系统中两个阅读器是相互独立工作的, 致使扫描时间是 1 个阅读器的 2 倍, 计算周期长, 系统的工作效率不高, 并且随着步进电机角速度的增大, 系统的定位精度反而会变差, 这是在以后的研究中需要进行改进的地方。

参考文献:

[1] Xifeng Liu, Yunbin Yuan. Model analysis method (MAM) on the effect of the second-order ionospheric

- delay on GPS positioning solution [J]. Chinese Science Bulletin (S1001-6538), 2010, 55(15): 1529-1534.
- [2] 彭竞, 刘增军, 朱明, 等. 基于优选 RFID 观测值的 GPS/RFID 组合定位方法 [J]. 国防科技大学学报, 2012, 34(2): 70-75.
- [3] 蒋浩, 高春华, 张林. 一种基于 RFID 的室内车载监控系统定位方法的设计与实现 [J]. 计算机科学, 2012, 39(2): 29-33.
- [4] 黄玉兰. 物联网射频识别(RFID)核心技术详解 [M]. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [5] 刘快, 纪志成. 基于混合粒子群的 RFID 网络的优化部署 [J]. 计算机应用研究, 2012, 29(4): 1326-1328.
- [6] 李程, 钱松荣. 射频识别动态定位方法 [J]. 通信学报, 2013, 34(4): 144-148.
- [7] Montaser Ali, Moselhi Osama. RFID indoor location identification for construction projects [J]. Automation in Construction (S0926-5805), 2014, 39(1): 167-179.
- [8] 刘捷, 张金艺, 周荣俊. 重叠年轮式无源射频识别定位算法设计 [J]. 上海交通大学学报, 2012, 46(11): 1816-1820.
- [9] 徐辉霞. 基于 UHF RFID 的室内定位研究与应用 [D]. 重庆: 电子科技大学, 2013.
- [10] Zhou Biao, Changqian Jing, Kim Youngok. Joint TOA/AOA Positioning Scheme with IP-OFDM Systems [J]. Wireless Personal Communications (S0929-6212), 2014, 75(1): 261-271.
- [11] Congfeng Liu, Jie Yang, Fengshuai Wang. Joint TDOA and AOA location algorithm [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics (S1004-4132), 2013, 24(2): 183-188.
- [12] 史伟光. 基于射频识别技术的室内定位算法研究 [D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [13] Di Giampaolo Emidio, Martinelli Francesco. A Passive UHF-RFID System for the Localization of an Indoor Autonomous Vehicle [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics (S0278-0046), 2012, 59(10): 3961-3970.
- [14] Zheng Li, Yang Shiwen, Zhu Quanjiang, et al. A Projection-Based Approach for Ultra-Low Side-Lobe Pattern Synthesis in Time-Modulated Spherical Arrays [J]. Electromagnetics (S0272-6343), 2012, 32(2): 61-76.
- [15] Hsi-Tseng Chou. Asymptotic Floquet Mode Investigation Over Two-Dimensional Infinite Array Antennas Phased to Radiate Near-Zone Focused Fields [J]. IEEE Transactions on Antennas & Propagation (S0018-926X), 2013, 61(12): 6014-6021.