

基于梯度博弈的 RFID 室内定位算法

施峻严 秦小麟 王 宁

(南京航空航天大学计算机科学与技术学院 南京 210016)

摘 要 随着普适计算的不断发展,室内定位技术成为了当今研究的热点问题。室内空间的复杂性使得室内空间的定位精度一直无法满足应用的需求。为了获得更加高效稳定的算法,提出了一种基于梯度和博弈论的室内定位算法,其能够较为有效地提高室内空间的定位精度。在算法中,提出了一种室内的符号划分方法,并利用其对室内空间进行了分割以辅助定位算法。最后以室内为实验环境对算法进行了验证,分析结果表明,该算法拥有良好的定位效果,并且相对于现有算法更稳定。

关键词 RFID,符号位置,定位,博弈论,梯度

中图分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.11.029

Gradient and Constant-game Based RFID Indoor Localization Algorithm

SHI Jun-yan QIN Xiao-lin WANG Ning

(College of Computer Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract With the continuous development of universal computing research, indoor localization technology has become a hot topic in current research. Due to the complexity of the indoor space, enhancing the positioning accuracy of the indoor space has been unable to meet the needs of the application. In order to obtain a more efficient and stable algorithm, this paper proposed an indoor localization algorithm based on gradient and game theory. The algorithm can more effectively improve the positioning accuracy in indoor space. In the algorithm, a method of dividing the indoor space based on the symbol is proposed. At the same time, it segments the indoor space to support localization. Finally, the results of experimental validation of the algorithm show that the algorithm has good effect, and has more stable effect than the existing algorithm.

Keywords RFID, Symbol position, Localization, Game theory, Gradient

1 引言

随着感知技术在国防军事、环境监测、医疗服务、交通控制等领域^[1]的不断发展,基于无线射频(RFID)的定位技术在当前的研究领域中也成为了热点研究对象。准确的定位技术能够帮助我们迅速获取目标的信息,从而满足日益增长的基于位置信息的服务。想要获取高效的、低成本的定位,不仅需要研究定位算法,还需要研究相关设备在室内空间的部署、覆盖等问题。

目前,定位系统的研究一般可以分为室外定位和室内定位两种。室外定位技术已经非常成熟,一般为GPS定位技术和蜂窝基站无线定位技术^[2,3];室内环境的复杂性使得室内定位具有较高的难度,传统的室外定位的方法无法直接运用于室内定位。对室内空间中重要文件的定位、重要人物的定位等越来越受到人们的关注,因此室内的定位技术也成了目前研究的重点问题。

目前的定位算法多用于室外空间或者室内的非受限空

间,因此,处理室内受限空间的定位问题时无法直接套用这些算法。在研究室内空间的问题时,必须综合考虑室内空间非视距、多径、干扰多变等因素^[4]。通常来说,目前的室内无线定位系统是从距离或者信号接收的角度来确定目标的位置,因此多是采用RSSI、LANDMARC或者TOA等相关技术,也有综合考虑各种算法的相关研究。然而目前室内空间的复杂性使得这些算法的精度都不能达到一定水平,因此在这些研究的基础上,提出一种高效、定位精度高的算法尤为重要。在传统的定位算法中,并没有用到符号位置来辅助定位,然而符号在定位算法中能够起到辅助定位、提高定位精度的作用。

以往的定位算法基本没有将博弈论的知识用于提高算法精度,然而博弈论作为现代数学上的分支,提供了大量的数学分析方法,使得算法可以从形式化语言上进行分析验证正确性,在对室内无线定位技术进行的过程中能提供有效支持。博弈论研究决策主体的行为在直接相互作用时所达到的均衡状态。博弈的过程一般需要一些基本的概念:参与人、战略以及支付函数。参与人指博弈论中选择行动以最大化自己

到稿日期:2014-07-28 返修日期:2014-10-30 本文受国家自然科学基金项目(61373015,61300052),国家教育部高等学校博士学科点博导基金资助项目(20103218110017),江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD),中央高校基本科研业务费专项项目(NP2013307)资助。

施峻严(1990-),男,硕士生,主要研究方向为RFID室内定位,E-mail:hp2011gun@foxmail.com;秦小麟(1953-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为分布式环境的数据管理与安全;王宁(1987-),男,硕士生,主要研究方向为无线传感器网络技术。

效用的决策主体。战略:参与人选择行动的规则。支付函数:参与人从博弈中获得的效用水平^[5]。博弈的最终结果一般是使得所有参与人的收益最大化。因此,在定位算法中使用博弈论的方法也能有效提高定位精度。

针对上述现象,本文提出了一种基于博弈论和梯度的室内空间定位算法。该算法采用了完全静态信息博弈的方法,对梯度进行博弈。通过博弈结果优化定位,提高定位精度,使得算法更加适应普遍的室内环境。文中提出了用符号定义室内空间以辅助定位的方法,提高了算法性能。最后从多个角度来分析算法的优越性和健壮性,并用实验证明了其可行性。

2 相关工作

目前主流的室内无线定位系统可以分为非无线射频技术的定位和基于无线射频技术的定位。非无线射频技术的定位方法一般有超声波定位、红外线定位和激光定位;而基于无线射频技术的定位方法一般可以分为室内 GPS 定位、无线局域网定位和 RFID 定位等^[6]。

最基本的 RFID 系统由 3 部分组成:标签、阅读器和天线。标签含有内置天线,用于与射频天线间进行通信^[7]。RFID 定位可以采用两种不同的标签,一种为主动性标签,一种为被动性标签。主动式标签需要装配电池,一般能够在将近 100m 的范围内与阅读器进行通信。而被动式标签在 RFID 定位系统中的运用需要更加复杂的方法。

在室内环境中,基于测距的定位算法一般有 RSSI、TOA、TDOA 和 AOA 等。RSSI 利用已知发射信号强度、接收节点信号强度,并计算信号在传播过程中的损耗等因素,将信号强度的衰减通过相关模型转化为距离。通常,RSSI 模型对环境依赖比较大,需要较好的无线传输环境,以减小室内多径衰落的影响。TOA 算法是一种通过测量信号从阅读器到标签的传播时间来计算两者之间的距离的方法。在已知传播速度的情况下,TOA 算法需要较高精度的时钟,以确保定位精度。TDOA 算法是对 TOA 算法的改进。由于 TOA 算法需要待测点与参考点的精确同步,为了避免这种要求,可以采用 TDOA 算法。该算法可以根据内部的时钟,结合不同传播速度的信号的时间差,来计算两者之间的距离。而 AOA 的方法则是接收节点通过天线阵列测算标签信号的到达方向来确定标签的位置,一般只需要由两个参考点得到的两个方向线的交点就可以获得待测点位置。

除了这些传统的定位方法,L M NI 等也提出了基于主动式 RFID 和 LANDMARC 模型的室内定位算法^[8]。该算法利用了参考标签来辅助定位,并通过 LANDMARC 模型提高定位精度。另外 Chi-Yi L 等人提出了 ST-CRR 算法^[9],这种方法利用标签所在位置来确定目标所在位置,并且相较于 S-CRR 算法^[10]更加快捷。而由于 TOA 算法的固有缺陷,Jie H 等人提出的 Trilateral-centroid Localization Algorithm (TCLA)的方法^[11]对算法进行了改进和提升,并测量了在可视距、非可视距情况下的误差以及定位精度。该方法采用室内的一种布局方法,通过相对直接的距离测算方法获取交点重心作为估计位置。为了能够更好地定位目标节点的位置,可以使用加入参考节点的方法,来提升算法精度。Weekly K 等人提出了 SIR 粒子滤波算法^[12],该算法有效利用了状态转换

分布和观察分布来实现目标的定位。Zhu W 等人通过在室内布置大量的标签来进行阅读器定位^[13],该种定位方式是由目标携带阅读器而室内布置大量的标签来进行的。Zhang Z 等人分析了多标签之间碰撞对 RSSI 值的影响^[14],并通过该现象提高室内 RFID 定位精度。

本文提出的算法在相关工作的基础上引入了博弈论和梯度的概念,以更好地适应室内空间的复杂性,提高算法的通用性和精度。

3 室内空间部署和符号定义

为了方便算法描述,本节主要对室内空间部署和相关的符号定义进行详细的描述。

3.1 室内空间部署

在室内空间部署设备时,需要综合考虑室内空间的复杂性。室内空间拥有大量的障碍物,例如设备、仪器等,这些都会影响仪器传输的信号,使其发生衍射散射等现象,最终影响定位精度。另外,为方便描述室内空间,提出了一种室内空间的符号定义方法。

本文提出了一种基于室内复杂环境的室内符号划分体系。为了简化室内空间、方便算法定义,将室内空间抽象定义为 4 种符号:

$$O[i] = \{chair, table, door, window\} \quad (1)$$

在室内布局中,按照上文提出的符号描述,结合设备与符号,建立对应关系,以辅助提出的定位系统,提高精度。在室内环境中,由传统的坐标定位所获得的坐标位置在实际生活中并没有太大的意义,因为由坐标定位得到的坐标位置并没有任何意义。然而,符号定位是将坐标与相关室内空间符号进行绑定,其最终结果以符号作为输出,具有现实意义。因此,提出的方法结合了坐标定位和室内空间符号定义的特性。当进行传统的坐标定位时,提高的定位精度可以有效支持符号定位的相关成果。为获得符号位置,需要将整个室内空间进行拆解、划分,划定多个子空间,最终坐标所在的子空间即可表示为符号位置。在划分子空间时,需要兼顾室内环境的复杂性,以保证划分的子空间具有相关意义。

文中将一个阅读器和一个参考标签绑定为一组,再以室内平面空间重心为原点,将平面空间分为 N 个象限,在每个象限中放置一组阅读器和参考标签。其中,若室内空间环境远远大于阅读器的读取范围,则需要将室内空间按照阅读器范围进行多次划分。最终获得区域划分结果。阅读器位置处于室内空间的角落,参考标签则随机取任意靠近原点的某一点。如图 1(a)所示,传统室内空间多为规则长方形,即 $N=4$ 的情况,设备可以按照图中的情况部署在这种空间中。而面对其他不规则房间时,选用类似的方法即可完成设备部署。其中黑色方框为阅读器,白色圆圈为参考标签。当然,在更加复杂的环境中, N 的取值也会有所不同,划分的具体方法也不一而足,根据环境需要可以有所改变。文中就以此例作为划分方法。

如图 1(b)所示,本文的室内空间为办公室空间。在室内空间中有桌椅门窗等障碍物,在图中一一画出。室内空间划分之后,可以将设备与相关子空间内的符号建立一一对应关系。在图 1 所示的室内环境中,将阅读器或者参考标签与

$O[1]=\{chair\}$ 建立了对应关系。图中的黑色方框是阅读器，白色圆圈为相关的参考标签。在更加通用的场景中，并不一定需要按照特别对称的方式来选择参考标签的位置，参考标签可以随机分布在子空间中。本文列举了所用到的室内空间的相关特性，并做了室内空间的划分来说明提出的方法的优越性。

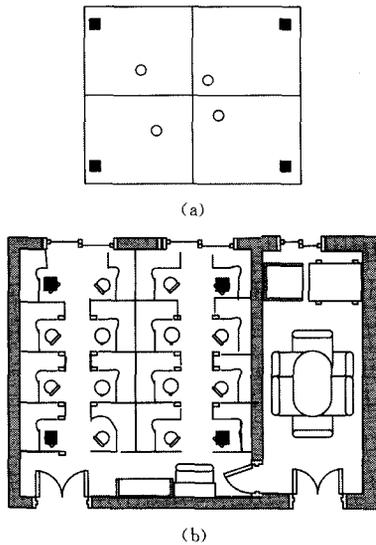


图1 室内环境部署

3.2 相关定义

下面将简单介绍文中所用到的相关定义。

定义1(预估曲线) 以阅读器 $reader_i$ 为圆心、阅读器 $reader_i$ 与估计节点的距离为半径 \hat{d} 的圆弧称为目标曲线。

定义2(参考曲线) 以阅读器 $reader_i$ 为圆心、阅读器 $reader_i$ 与参考标签 tag_j 的距离为半径的圆弧 S 称为参考曲线。对于一个阅读器，参考曲线一般有两条，使得预估曲线位于两条参考曲线之间。

定义3(参考区域) 参考曲线 S 所覆盖的不规则多边形即目标区域 M 。目标区域的边界一般由参考曲线和室内空间边界构成。

定义4(参考节点) 对于被选定的两个阅读器 $reader_i$ ，其参考曲线的交点即为参考节点，即参考区域的顶点。

4 基于博弈论的定位方法

本节具体介绍算法的主要机制，根据室内空间的部署，详细分析本文提出的基于室内梯度博弈的定位算法(Gradient and Constant-Game based Indoor Localization Algorithm, GGILA)。

4.1 定位原理

本算法的定位基础为 TOA 算法，阅读器将无线射频信号在室内空间中传播，并记录当前发出信号的时间。标签获取到信号以后，返回阅读器确认信号，阅读器收到标签返回的信号时，记录当前收到信号的时间。根据信号传播的速度，可以获得阅读器与标签之间的距离。使用时间测距的方法，其主要是根据信标信号的到达时间进行测距，并计算其估计距离：

$$\hat{d} = \frac{t_{reply} - t_{round}}{2} \times c \quad (2)$$

其中， t_{reply} 指返回信号的时间， t_{round} 指信号发出的时间。由于

室内的环境复杂，拥有各种干扰，计算得到的距离 \hat{d} 也具有一定的误差，因此不能直接选定该测量节点作为本算法的节点。

本算法以距离 \hat{d} 为基础，提出优化算法，以提高定位精度。提出的算法主要分为两步，在接下来的两节中详细描述。

4.1.1 基于测距的区域算法

第3节已经描述了设备是如何部署在室内空间中的。通过实验设备，获取每个阅读器上读取到的与参考标签之间的时间，并将其组成集合，即 $\{T_{ij}\}$ ，其中 $i, j \in [1, 4]$ 且 $i, j \in N$ 。通过式(2)计算得到距离集合 $\{\hat{d}_{ij}\}$ ，进一步可以获得参考曲线集合。同理，可以获得阅读器与估计节点的时间集合 $\{T_{ip}\}$ ，其中 $i \in [1, 4]$ 且 $i \in N$ 。预估曲线的集合，从而得到预估曲线的交点，记预估曲线的交点为 $P_i(x_i, y_i)$ ，其中 $i \in [1, 4]$ 且 $i \in N$ 。选取任意一个交点 P ，通过对比时间来确定 P 所在的参考区域。选取 T_{ip} 最小的阅读器，交点 P 与阅读器之间的时间关系应该满足条件 $T_{ij} \leq T_{ip} \leq T_{ik}$ 。如图2(a)所示，图中黑色五角星为真实节点所在位置，由此可以得到该阅读器的参考区域。同理，取除此阅读器外的 T_{ip} 最小的阅读器，再做同样的运算，可以得到最终的不规则多边形参考区域。

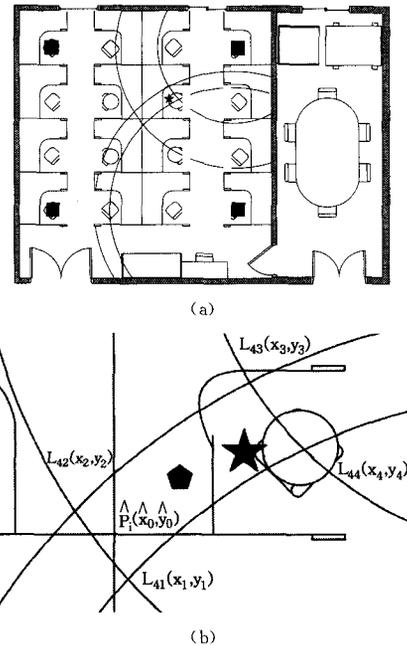


图2 参考节点所在区域

参考区域需要限定在室内环境中，因此可能需要与边界共同形成一个不规则四边形区域。在认定目标区域的过程中，有一种特殊情况需要特别处理。估计节点离阅读器很近时，时间读取精度会下降，从而影响正常距离计算。因此，当真实节点离阅读器很近即当 $\min T_i < \min T(\text{reader}_i, \text{tag}_j)$ 时，需要舍弃最近的阅读器，而选择其他阅读器作为参考区域生成点。

如图2(b)所示，最终记参考区域的交点分别为 $L_{ij}(x_j, y_j)$ ，其中 i 指第 i 个参考节点 P 所在的参考区域， j 指第 j 个参考节点， $j \in [1, 4]$ 且 $j \in N$ 。根据交点 L_{ij} 的坐标，取其重心位置 $\hat{P}_i(\hat{x}_0, \hat{y}_0)$ 作为算法迭代的初值。

4.1.2 基于博弈论的迭代算法

如图3所示，对于重心坐标 \hat{P}_i 以及对应的阅读器，计算

其在空间各个方向的全微分,得到梯度公式,最终通过计算获得梯度。梯度的方向为连接中心坐标 \hat{P}_i 与对应阅读器的位置,量级大小为在该方向上与参考曲线的距离。依次对相关阅读器及其参考曲线做运算,最终可以计算获得梯度矢量组 $\{v_{ki}\}$ 。为获取真实位置所在方向,需要对该组梯度进行博弈。

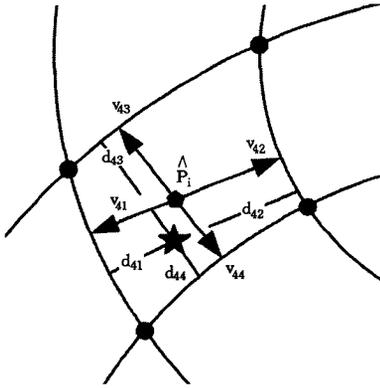


图3 梯度与距离计算

根据上文提到的博弈论的一般知识,首先需要确定博弈过程中所取到的参与人。本文选取用于参与参考区域生成所用的两个阅读器的集合作为一组参与人,即 $\{R_i, R_j | i \neq j\}$ 。其次,需要确认博弈过程的支付函数。之前已经确定了中心点坐标 $\hat{P}_i(x_0, y_0)$,在中心点坐标处计算得到了梯度 $\{v_{ki}\}$ 。在计算支付函数时,需要优先通过 $\{v_{ki}\}$ 来计算平行于梯度的距离集合 $\{d_{ki}\}$ 。其中 $\{d_{ki}\}$ 是以 $P_i(x_i, y_i)$ 为中心点,作每条平行于以 $\hat{P}_i(x_0, y_0)$ 为中心点的 4 个梯度。通过计算决策变量集合 $\{d_{ki} / \|v_{ki}\|\}$ 来确定支付函数 Σ ,并将其作为参与人的决策变量,如公式:

$$\begin{cases} \delta_i = d_{ki} / \|v_{ki}\|, & i=1 \parallel i=2 \\ \gamma_j = d_{ki-2} / \|v_{ki-2}\|, & i=3 \parallel i=4 \end{cases} \quad (3)$$

其中, k 满足条件 $k \in [1, 4]$ 且 $k \in \mathbb{N}$, 指代第 k 个参考节点。 i 满足条件 $i \in [1, 4]$ 且 $i \in \mathbb{N}$ 是指参考节点上的第 i 个梯度。 j 满足条件 $j \in [1, 2]$ 且 $j \in \mathbb{N}$, 指第 j 个决策变量。由此,可以获得如表 1 所列的决策矩阵。

表 1 决策矩阵

	R_2	
R_1	(δ_1, γ_1)	(δ_1, γ_2)
	(δ_2, γ_1)	(δ_2, γ_2)

将其简化,可以获得 $\Sigma = \begin{bmatrix} (\delta_1, \gamma_1) & (\delta_1, \gamma_2) \\ (\delta_2, \gamma_1) & (\delta_2, \gamma_2) \end{bmatrix}$ 。在进行常和博弈后,总能找到一个博弈平衡——纳什均衡对 (δ_i^*, γ_j^*) 。我们根据获得的纳什均衡对,按式(4)对梯度进行合成:

$$\vec{v}_{k0} = \vec{v}_{ki} * \delta_i^* + \vec{v}_{kj} * \gamma_j^* \quad (4)$$

其中, \vec{v}_{k0} 指最终的梯度合成方向。 \vec{v}_{ki} 和 \vec{v}_{kj} 是指纳什均衡对对应的梯度。沿着这个方向,当前的点的位置坐标需要前进步长为 σ 的距离, σ 按式(5)进行计算:

$$\sigma = (\vec{v}_{k0} / \|\vec{v}_{k0}\|) * \epsilon \quad (5)$$

其中, ϵ 指的是迭代步长。在迭代结束时,根据目标节点所在的区域来修正迭代方向,以便进行结束判断。候选区域是以

多条预估曲线的交点的重心位置为重心、 ρ 为半径的圆所覆盖的区域。如果目标节点不在候选区域内,那么修正迭代方向,向着这个区域进行;如果在候选区域,那么直接结束最终迭代结果。最终落在区域内的点就是最终的迭代结果。根据 4 个迭代结果点,取其重心位置 C ,即可获取算法的估计位置。

4.1.3 算法小结

综合以上的分析,可以得到 GGILA 算法。该算法主要分为以下几步:

(1) 计算获得 4 个相关目标节点;

(2) 确认每个目标节点所在的目标区域,并计算该节点的梯度;

(3) 根据梯度博弈进行迭代,沿着迭代方向前进固定步长,并进行终止条件判断;

(4) 若不终止,则在原方向上加入修正;否则,终止迭代。

算法描述如下所示。

算法 1 室内梯度博弈定位算法 GGILA

输入: 目标节点 target, 其与各个 Reader 之间的 t_i ; 对应的各个辅助定位的参考标签 Tag_i , 其中 $\text{Tag}_i = (x_i, y_i)$, Tag_i 与 Reader 之间的 T_{ij} , 候选区域半径 r_c , 迭代步长 ϵ
输出: 定位节点 P 位置的估计值

1. for each reader R_i
2. Calculate \hat{d} according to t_i
3. end for
4. Acquire the crossing points $P_i(x_i, y_i)$ and calculate the midpoint \hat{C}
5. for each t_i
6. if $(T_{ik} < t_i < T_{ij})$
7. record and acquire object region of the P_i in
8. end if
9. end for
10. for each P_i
11. while true do
12. begin
13. acquire v_{ij} and calculate d_{ij}
14. proceed gradient game and obtain (δ_i^*, γ_j^*)
15. along the direction of \vec{v}_{i0} advance σ
16. TerminationJudgment()
17. end
18. end for
19. calculate the midpoint of the four P_i

算法 1—4 行计算阅读器到真实节点的距离,根据参考曲线,得到相关参考节点。算法 5—9 行计算了参考节点所在的参考区域。算法 10—18 行通过梯度博弈,获取博弈后的参考节点位置,计算相关参考节点的重心,获得算法估计位置。其中, TerminationJudgment 是定义的终止条件判断函数,具体根据该点博弈矩阵的方向,再附加候选区域方向修正,来判断是否在该点终止。

5 实验与性能评估

为了对提出算法的性能进行比较,本文使用了 GAOR-FID INC 设备作为实验设备采集数据,数据采集后的后期处

理使用 C++ 语言编写。实验的硬件环境为 Intel(R) Core (TM) i3-2120CPU 3.3GHz, 3GB 内存, 软件环境为 Windows 7 操作系统。

本文在长 7.8m、宽 7.26m 的室内环境中进行设备部署, 相关设备的部署情况如图 2(b) 所示。实验室噪声以及其他参数参照 Stanford 大学 Meyer 团队测量的图书馆噪声值设定。

下面在上述环境中对 GGILA 进行实验分析, 并将本文算法与 RSSI 和 TCLA 算法进行对比。TCLA 算法主要运用了文献中 Trilateral-centroid Localization Algorithm 的方法, 我们将其运用在本场景中进行定位。

5.1 室内阅读器数量对算法精度的影响

由于上文提到在室内需要进行 N 象限划分, 因此本节实验中将在室内空间分别布置不同数量的阅读器, 以探究对比不同数量的阅读器对算法精度的影响。如图 4 所示, 在通常的室内空间即 $N=4$ 的情况下, 当阅读器只有 2 个时, 定位误差较大, 然而布置了 4 个阅读器甚至更多以后, 阅读器数量对误差的影响减小。为节约成本, 通常在室内空间中选择 4 个阅读器来辅助定位。

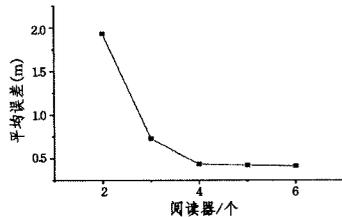


图 4 阅读器数量对误差的影响

5.2 迭代步长对算法精度影响

考虑到迭代步长 σ 对算法精度的影响, 本文在迭代步长分别为 0.2m, 0.5m 和 1.0m 时进行实验, 结果如图 5 所示。从图中可以看出, 整体的误差均不大。在 3 种不同迭代步长下误差分别为 0.591m, 0.434m 和 0.493m。针对上述实验结果, 可以得出在不同迭代步长下 GGILA 算法的误差稳定在一定的水平。

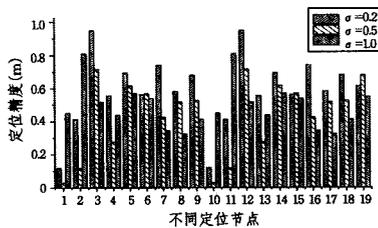


图 5 不同节点的误差

5.3 定位算法比较

图 6 显示了 3 种算法在设定的实验条件下, 真实位置和测量位置的比较, 横坐标为室内空间的长, 纵坐标为室内空间的宽。实验一共设置了 19 个测量节点, 并按照上文提到的布局方法布置了阅读器和参考标签, 坐标分别为 (0.96, 2.14), (0.96, 6.76), (6.30, 6.76), (6.30, 2.14), (2.49, 3.68), (2.49, 5.22), (4.41, 5.22), (4.41, 3.68)。从实验结果可以看出, RSSI 和 TCLA 算法的定位误差较大, 而 GGILA 算法具有较高的定位精度。

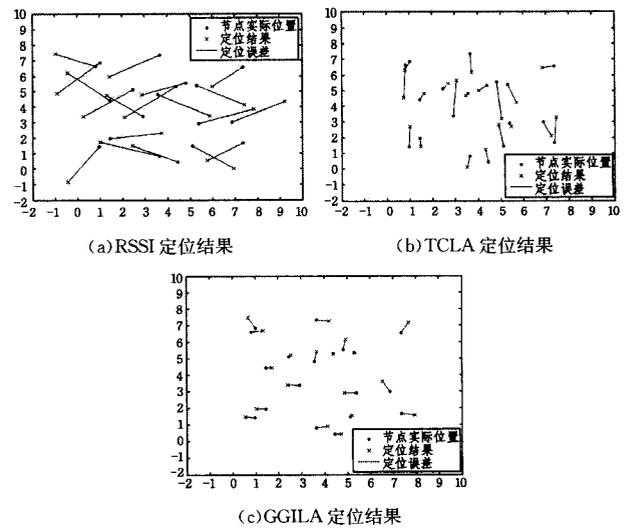


图 6 算法定位误差

针对上述实验结果, 分析节点在不同位置的定位误差的大小, 可以看出, RSSI 方法不稳定, 定位误差较大, 而 GGILA 算法比较稳定且误差较小。简单分析每个节点的误差, 可以得到图 7 所示结果。RSSI 和 TCLA 算法的平均误差较高, 平均误差分别为 2.455m 和 1.008m, 而本文提出的方法的误差可以达到 0.434m。

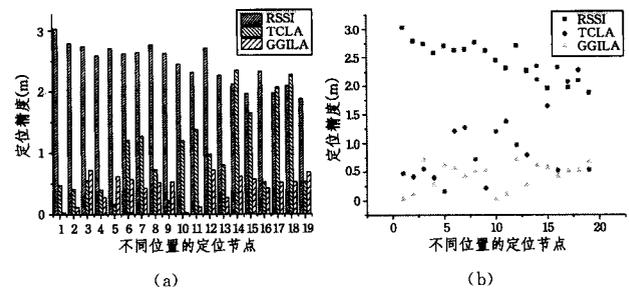


图 7 定位误差的比较

5.4 迭代步长对算法稳定性的影响

在不同迭代步长下, 算法精度相对稳定, 因此本节探讨迭代步长对误差稳定性的影响。图 8 列举了 GGILA 算法在不同步长下的定位均方差, 并使用其他算法作为对比。从图中可以看出, GGILA 算法的稳定性比较好, 均方差分别为 0.218m, 0.228m 和 0.139m。而 RSSI 算法和 TCLA 算法的均方差为 0.333m 和 0.682m。因此, 本文提出的算法比较稳定。

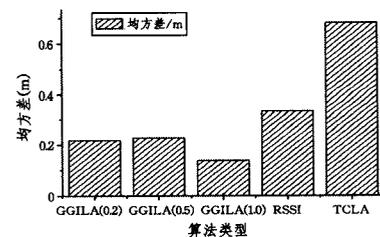


图 8 算法稳定性对比

结束语 由于室内无线传播环境下噪声随机性干扰比较大, 在设计射频识别室内定位系统时, 定位算法的研究显得尤为重要。本文基于射频识别技术在室内无线传播的环境下的定位问题研究相关定位算法。由于室内环境复杂, 传统的室

内定位无法满足不同场景的定位需求。本文在博弈论和梯度的基础上提出了室内梯度博弈定位算法,其能够较好地适应室内空间场景,并且只需要少量的阅读器和参考标签用于辅助定位即可获得较高的定位精度。另外,本文通过实验证明了提出的算法在室内空间环境中具有较强的适应性。

本文通过划分区域的方法辅助定位,并考虑了参考标签位置、迭代步长等因素,进一步提高了定位效果。其运用场景主要是室内办公室的重要人物和文件的定位。下一步的工作将主要考虑室内空间中移动点的定位精度。

参 考 文 献

- [1] Wang N, Qin X, Xu X. Asymmetric Event-Driven Localization Algorithm in Constrained Space[J]. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2013, 2013
- [2] Wu H, Wu Z, Yuan R, et al. Study of Indoor Wireless Positioning Technology Based on RFID [J]. *Audio Engineering*, 2013 (3): 76-78
- [3] Liu Y, Qin X, Wang C. Ultralightweight RFID Mutual-authentication Protocol [J]. *Computer Science*, 2013, 40(12): 141-146
- [4] IEEE Standard Board. Reduced-Pin and Enhanced-Functionality Test Access Port and Boundary-Scan Architecture; IEEE Std 1149. 7-2009[S]. 2009
- [5] Nisan A, Roughgarden T, et al. *Algorithmic game theory*[M]. Cambridge University Press, 2007
- [6] Zhou J, Shi J. RFID localization algorithms and applications—a review[J]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2009, 20(6): 695-707
- [7] Wu T Y, Liaw G H, Huang S W, et al. A GA-based mobile RFID localization scheme for internet of things[J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2012, 16(3): 245-258
- [8] Ni L M, Liu Y, Lau Y C, et al. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID[J]. *Wireless Networks*, 2004, 10(6): 701-710
- [9] Inada A, Oda Y, Nakamori E, et al. Sliding-typed communication range recognition method for indoor position estimation in passive RFID systems[C]//2011 40th International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW). IEEE, 2011: 42-49
- [10] Fujimoto M, Uchitomi N, Inada A, et al. A novel method for position estimation of passive RFID tags; Swift Communication Range Recognition (S-CRR) method[C]//2010 IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2010). IEEE, 2010: 1-6
- [11] He J, Pahlavan K, Li S, et al. A Testbed for Evaluation of the Effects of Multipath on Performance of TOA-based Indoor Geolocation[J]. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2013, 62(8): 2237-2247
- [12] Weekly K, Zou H, Xie L, et al. Indoor occupant positioning system using active RFID deployment and particle filters[C]//2014 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). IEEE, 2014: 35-42
- [13] Zhu W, Cao J, Xu Y, et al. Fault-tolerant RFID reader localization based on passive RFID tags[C]//INFOCOM, 2012 Proceedings IEEE. IEEE, 2012: 2183-2191
- [14] Zhang Z, Lu Z, Saakian V, et al. Item-level indoor localization with passive UHF RFID based on tag interaction analysis[J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2014, 61(4): 2212-2135

(上接第 107 页)

参 考 文 献

- [1] Li X, Orchard M T. New edge-directed interpolation[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2001, 10(10): 1521-1527
- [2] Zhang D, Wu X. An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2006, 15(8): 2226-2238
- [3] Irani M, Peleg S. Super resolution from image sequences[C]//10th International Conference on Pattern Recognition, 1990. IEEE, 1990: 115-120
- [4] Schultz R R, Stevenson R L. Improved definition video frame enhancement[C]//International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1995 (ICASSP-95). IEEE, 1995: 2169-2172
- [5] Lin Z, He J, Tang X, et al. Limits of learning-based super-resolution algorithms[J]. *International journal of computer vision*, 2008, 80(3): 406-420
- [6] Chang H, Yeung D Y, Xiong Y. Super-resolution through neighbor embedding[C]//Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2004(CVPR 2004). IEEE, 2004: 275-282
- [7] Chan T M, Zhang J, Pu J, et al. Neighbor embedding based super-resolution algorithm through edge detection and feature selection[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2009, 30(5): 494-502
- [8] Roweis S T, Saul L K. Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding[J]. *Science*, 2000, 290(5500): 2323-2326
- [9] Lee D D, Seung H S. Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization[J]. *Nature*, 1999, 401(6755): 788-791
- [10] Elad M, Feuer A. Restoration of a single superresolution image from several blurred, noisy, and undersampled measured images [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1997, 6(12): 1646-1658
- [11] Buades A, Coll B, Morel J M. A non-local algorithm for image denoising[C]//IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005 (CVPR 2005). IEEE, 2005: 60-65
- [12] Yang J, Wright J, Huang T S, et al. Image super-resolution via sparse representation[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2010, 19(11): 2861-2873
- [13] Zhang K, Gao X, Tao D, et al. Single image super-resolution with non-local means and steering kernel regression[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2012, 21(11): 4544-4556
- [14] Dong W, Zhang D, Shi G, et al. Image deblurring and super-resolution by adaptive sparse domain selection and adaptive regularization[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2011, 20(7): 1838-1857
- [15] Huynh-Thu Q, Ghanbari M. Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment[J]. *Electronics letters*, 2008, 44(13): 800-801