

文章编号:1001-5078(2011)07-0774-05

· 红外技术 ·

## 采用红外织网的室内定位技术

宁 静

(广东商学院经济与管理实验教学中心 ERP 重点实验室, 广东 广州 510320)

**摘要:**提出基于红外织网的室内定位技术,该技术通过使用多对红外发射器和红外接收器交叉组成的探测信号网来覆盖待测空间,而空间中的运动目标无须增加辅助设备,就可实现对其精确定位。经过验证,红外织网的探测距离最大可达 30 m,定位误差在 0.05 m 以内,具有良好的稳定性。当待测空间改变时,与其他室内定位技术相比,该技术无须变动系统的原来结构和工作方式,用户可以根据室内空间的大小来配置红外接收器的数目,其定位精度仍保持良好,较灵活地实现了系统的可扩展性和易部署性。

**关键词:**红外织网;室内定位;运动目标

**中图分类号:**TN219   **文献标识码:**B   **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2011.07.014

## Indoor object location technology using infrared weaving

NING Jing

(Guangdong University of Business Studies, Guangzhou 510320, China)

**Abstract:** We present a new indoor location technology based on infrared weaving. By employing pairs of infrared transmitters and receivers weaving signal network to cover the target space, the approach can achieve accurate location. Moving objects need no auxiliary equipment. The maximum distance in infrared weaving can reach 30m and the error is below 0.05m. And the system shows good stability. Compared with the other indoor location technologies, users are able to set up the number of infrared receivers without changing the previous structure and operating mode when locating changed space, and the location accuracy remains unchanged. The system shows good flexibility, high stability and nice adaptability.

**Key words:** infrared weaving; indoor location; moving object

### 1 引 言

随着科技的进步、经济的发展,室内定位系统目前正处于不断发展的阶段。人们对定位与导航的需求日益增大,尤其在复杂的室内环境中,常常需要确定移动终端或其持有者在室内的位置信息。目前,国内外已出现的室内定位系统有 A-GPS、Active Badge、Active Bat、RADAR 以及 RFID 技术等。

但是,由于室内电磁环境复杂多变,A-GPS 使得该系统无法满足室内定位精度的要求;而且,当定位信号到达地面时,信号强度较弱,不能穿透建筑物,因此不适合用于室内定位<sup>[1]</sup>。Active Badge 系统中,用户需要佩戴一个发射红外信号的 badge<sup>[2]</sup>。

Active Bat 系统中,用户需要佩戴一个发射超声波信号的 Bat 设备<sup>[3]</sup>。当前定位系统的可扩展性普遍较差。RADAR 系统建立 Radio Map 是整个系统的关键。如果在系统中加入新的基站节点,则需要重新构造 Radio Map,这极大地限制了系统的可扩展性<sup>[4]</sup>。在基于 RFID 技术的系统中,也是需要配备 RFID 标签。这些辅助设备增加了用户的负担。因为用户需要保证随身携带这些设备,甚至对辅助设备进行操作。此外,如果辅助设备丢失或者被损坏,

作者简介:宁 静(1983-),女,助教,硕士,研究方向为图像处理与机器视觉,目标定位与跟踪。E-mail:ningjing-yl@163.com

收稿日期:2011-03-06;修订日期:2011-03-28

定位系统将无法正常工作。辅助设备的引入使得用户需要携带并操作设备,甚至检测设备的工作状态,这将分散用户的注意力,给用户造成一定的负担<sup>[5]</sup>。

针对上述问题,本文提出基于红外织网的概念。所谓“织网”,就是让通过多对红外发射器和红外接收器交叉组成的探测信号网来覆盖待测空间,完成对运动目标的精确定位。与其他室内定位技术相比,本技术中运动目标无须增加辅助设备;另一方面,用户可以根据室内空间的大小来配置红外接收器的数目,其定位精度仍保持良好,较灵活地实现了系统的可扩展性和易部署性。

## 2 红外织网的基本原理

### 2.1 改进的主动红外对射传感器

红外对射传感器是一种广泛用于安防报警产品的传感器。主动式红外对射传感器,由红外线光源发射器和红外线接收器组成,红外线光源发射器用来发射经过调制编码后的脉冲式红外光束,接收器用来接收解码脉冲式红外光束,红外发射器和红外接收器相对设置在监控检测区的两端,当有物体进入检测区时,红外光束被物体阻断,红外接收器因脉冲式红外信号被阻断而导致不能正确接收红外信号,即可向控制主机发送报警信号。

目前有单点式红外对射传感器和栅状红外对射传感器。其中单点式红外对射传感器感应为单条线,感应面积小,当物体通过时,容易出现漏检测。

而栅状红外对射传感器由多组红外对射传感器构成,感应面积大,对物体通过的检测很准确。栅状红外对射传感器的结构如图1所示,右边一条是红外发射条,左边是红外接收条,红外发射管和红外接收管一一对应,当有人或物体进入检测区时会挡住红外信号,接收端红外接收管接收不到信号就可以检测出有物体通过。

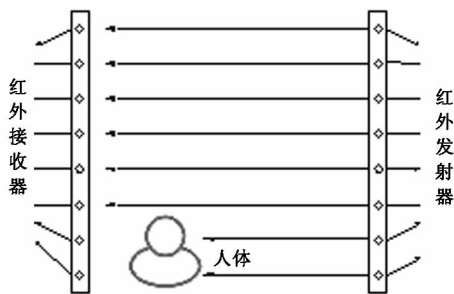


图1 栅状红外对射传感器

Fig.1 grid infrared radiation

改进的主动红外对射系统如图2所示,由红外

发射器A、B,红外接收器,主机组成。其中红外接收器、红外发射器A、红外发射器B分别和主机相连,连线包括电源线,信号线,控制线等。主机和外部连接有电源线、报警输出线。其中红外发射器A和B是由多个大功率红外发射模块组成的广角大功率红外发射器。红外接收器由多条1m长的红外接收条一一串联组成,最长可以串联30个红外接收条,即最长可达30m。而每条红外接收条里面有10个红外接收器,即最小刻度是0.01m。

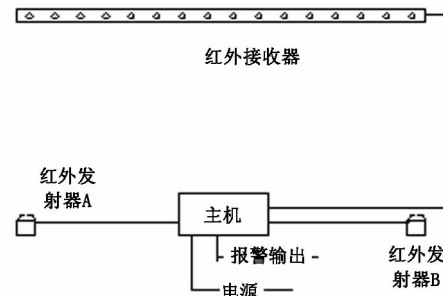


图2 改进的主动红外对射系统

Fig.2 improved active infrared radiation

图3中只要有物体遮挡住红外发射器A或红外发射器B发射的红外信号,红外接收器就会有一个或多个接收头接收不到信号,立即输出有效数据示警。为了加大有效检测区域,使用两个红外发射器,分别安装在两头,由图3可以看出,实线区域是实际使用的检测区域。

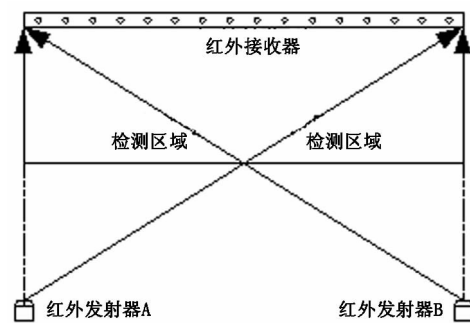


图3 改进的主动红外对射系统检测区域示意

Fig.3 detection area in improved active infrared radiation

### 2.2 红外织网模型

改进的主动红外对射传感器对室内矩形空间进行检测有死区,我们可以使用两套改进的主动红外对射传感器,就可以完全覆盖整个室内矩形空间。

结构如图4所示,由4个红外信号发射器、左右两条红外信号接收条、主机构成。红外信号发生器1、红外信号发射器2发射探测红外信号,对应的红外信号接收条B接收。同理红外信号发射器3、4

和红外信号接收条 A 对应。红外信号发射器发射探测红外信号,在空间覆盖探测信号网,由红外信号接收条接收探测信号。

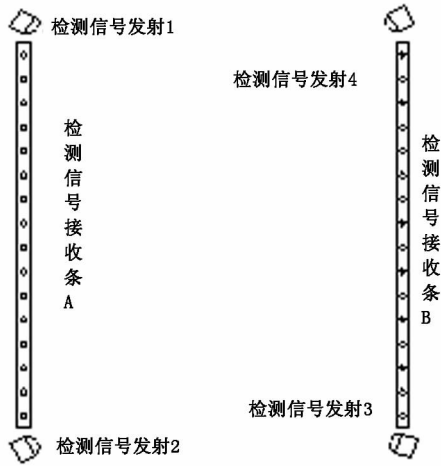


图 4 红外织网模型  
Fig. 4 infrared weaving model

2.3 红外织网几何计算

红外织网的几何结构图如图 5 所示。

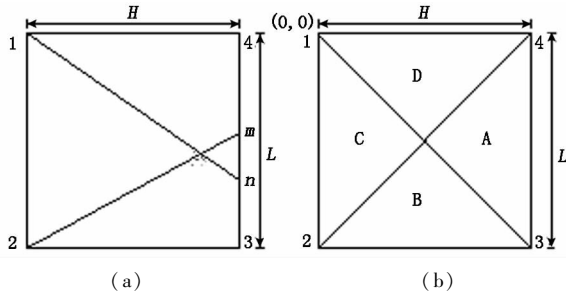


图 5 红外织网检测区域  
Fig. 5 detection field in infrared weaving

如果有人进入定位区,如图 5(a) 所示,发射器 1、发射器 2 发射探测信号,经过人体遮挡投影在线段 34 上面的  $m, n$  点。我们对其建立数学坐标,来定位移动的人体。定义 1 点为坐标原点  $O(0,0)$ ,线段 14 的长度是现场环境决定,即是已知量  $H$ ,同理线段 34 长度为  $L$ ,也是现场环境决定,是已知量。再作出辅助线用平面几何我们就算出人体位置  $O$  点的坐标  $(x, y)$ 。

如图 5(b) 所示,我们把定位空间分为 A, B, C, D 等 4 个区间,根据待定位的运动物体进入定位空间的位置不同,分 A, B, C, D 和多区间交界以下几种情况来计算实际坐标值。

定位计算处理过程如下:1, 2, 3 和 4 四个红外发射器按顺序各发送一次红外数据信号,相对应的红外信号接收条记录下数据。最后我们对数据进行处理得出如表 1 所示。

表 1 几何定位检测区域  
Tab. 1 geometry area algorithm

发射器编号	#1	#2	#3	#4	检测到的区域
相应接收条 是否有阻挡	√	√	×	×	A
	√	×	×	√	D
	×	√	√	×	B
	×	×	√	√	C
	√	√	√	√	A, B, C, D
	×	×	×	×	无

主机程序会根据上表选择不同的算法计算出移动物体  $O$  的坐标。

(1) 定位空间 A: 图 6 是红外发射器 1 和 2 发射信号,相对应的接收条有遮挡,定位到的空间是空间 A, 1 号发射器发射信号,接收条被遮挡并且遮挡数据是  $m$ , 2 号发射器的遮挡数据是  $n$ , 我们按图 6 建立坐标系并做辅助线,可以得出公式(1)和公式(2)。

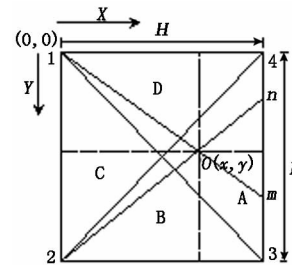


图 6 检测区域 A  
Fig. 6 detection area A

$$\frac{m - n}{L} = \frac{H - x}{x} \tag{1}$$

$$\frac{m - y}{y} = \frac{m - n}{L} \tag{2}$$

由公式(1)、(2)可以算出:

$$x = \frac{HL}{m - n + L}, y = \frac{mL}{m - n + L}$$

(2) 定位空间 C: 图 7 是红外发射器 3 和 4 发射信号,定位到的空间是空间 C, 建立坐标系并做辅助线,可以得出公式(3)和公式(4)。

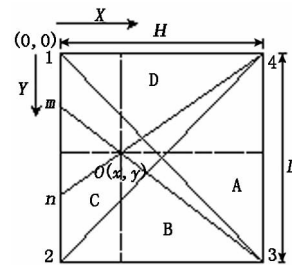


图 7 检测区域 C  
Fig. 7 detection area C

$$\frac{n - m}{L} = \frac{x}{H - x} \tag{3}$$

$$\frac{n - y}{y} = \frac{n - m}{L} \tag{4}$$

由公式(3)、(4)可以算出:

$$x = \frac{H(n-m)}{n-m+L}, y = \frac{nL}{n-m+L}$$

(3) 定位空间 D: 图 8 是红外发射器 1 和 4 发射信号, 定位到的空间是空间 D, 建立坐标系并做辅助线, 可以得出公式(5)和公式(6)。

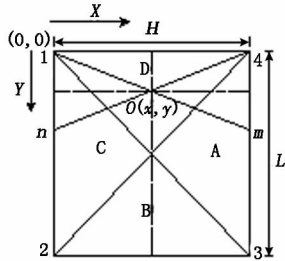


图 8 检测区域 D  
Fig. 8 detection area D

$$\frac{y}{m-y} = \frac{x}{H-x} \tag{5}$$

$$\frac{y}{n-y} = \frac{H-x}{x} \tag{6}$$

由公式(5)、(6)可以算出:

$$x = \frac{Hn}{m+n}, y = \frac{mn}{m+n}$$

(4) 定位空间 B: 图 9 是红外发射器 2 和 3 发射信号, 定位到的空间是空间 B, 建立坐标系并做辅助线, 可以得出公式(7)和公式(8)。

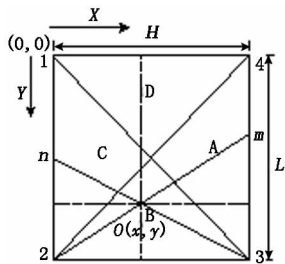


图 9 检测区域 B  
Fig. 9 detection area B

表 2 人体距离红外接收器 0~2 m 内的误差(米)

Tab. 2 error in the area of 0 to 2 m from transmitter(m)

实际位置	(0,0)	(0.1,0.4)	(0.2,0.8)	(0.3,1.2)	(0.4,1.6)	(0.5,2.0)	(0.6,2.4)	(0.7,2.8)	(0.8,3.2)	(0.9,3.6)
实测位置	(0,0.01)	(0.11,0.39)	(0.19,0.805)	(0.3,1.211)	(0.41,1.6)	(0.51,1.991)	(0.605,2.403)	(0.692,2.81)	(0.806,3.19)	(0.9,3.591)
误差距离	0.010	0.014	0.112	0.010	0.013	0.005	0.012	0.011	0.009	0.014

表 3 人体距离红外接收器 2~3 m 内的误差(米)

Tab. 3 error in the area of 2 to 3 m from transmitter(m)

实际位置	(2,0)	(2.05,0.4)	(2.1,0.8)	(2.15,1.2)	(2.2,1.6)	(2.25,2.0)	(2.3,2.4)	(2.35,2.8)	(2.4,3.2)	(2.45,3.6)
实测位置	(2,0.02)	(2.04,0.39)	(2.109,0.81)	(2.14,1.21)	(2.202,1.62)	(2.26,2.01)	(2.31,2.403)	(2.359,2.81)	(2.402,3.223)	(2.449,3.619)
误差距离	0.020	0.014	0.013	0.014	0.020	0.014	0.010	0.013	0.023	0.019

$$\frac{y}{n-y} = \frac{H-x}{x} \tag{7}$$

$$\frac{m-y}{y} = \frac{H-x}{x} \tag{8}$$

由公式(7)、(8)可以算出:

$$x = \frac{Hn}{m+n}, y = \frac{mn}{m+n}$$

在实际使用中, 会有因为测试误差或者移动的物体体积过大, 而导致有两个或两个以上的定位空间会检测到移动物体, 我们可以对多个定位空间定位结果求平均值得出最终结果。

### 3 实验数据

#### 3.1 可扩展性和易部署性

用户可以根据需要定位的室内空间的大小来配置红外接收器的数目, 最少 3 m, 最大 30 m, 每一根之间首尾串联, 安装方便。系统主机在系统启动过程中以逐一点名的方式来确定定位空间的大小, 无需用户操作, 体现了本系统的易部署性。

#### 3.2 稳定性

我们在室内选择 8 m × 8 m 的空间安装红外织网系统, 图 10 是本系统实际安装图片。我们对有效定位空间的移动的人体测量实际坐标, 和用红外织网系统自动定位坐标数据进行对比, 数据如表 2~4 所示。

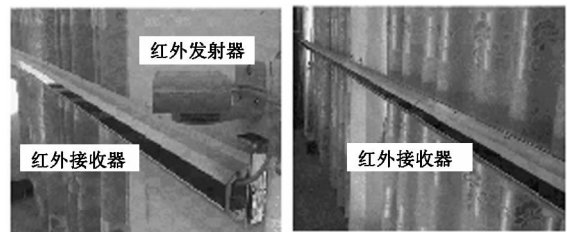


图 10 系统安装现场  
Fig. 10 installation site

表4 人体距离红外接收器3~4 m内的误差(米)

Tab.4 Error in the area of 3 to 4 m from transmitter(m)

实际位置	(3,0)	(3.05,0.4)	(3.1,0.8)	(3.15,1.2)	(3.2,1.6)	(3.25,2.0)	(3.3,2.4)	(3.35,2.8)	(3.4,3.2)	(3.45,3.6)
实测位置	(3.01,0.04)	(3.01,0.4)	(3.11,0.77)	(3.16,1.17)	(3.23,1.58)	(3.24,2.03)	(3.31,2.44)	(3.34,2.83)	(3.41,3.23)	(3.48,3.61)
误差距离	0.041	0.040	0.032	0.032	0.036	0.032	0.041	0.032	0.032	0.032

下面的曲线图中的三条曲线分别表示人体距离红外接收器0~2 m之内、2~3 m之内、3~4 m之内的红外织网定位误差。我们发现人体越靠近红外接收器,红外织网自动定位测量的数据误差越小,这是因为人体越靠近红外接收器,红外发射器投影在红外接收器上投影区域越小,数据越精确。总体误差范围不超过0.05 m,表现出良好的稳定性。

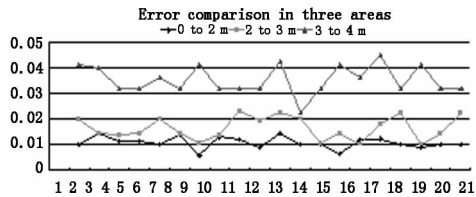


图11 不同检测区域的误差对比

Fig.11 error comparison in three areas

#### 4 结论

本文提出的红外织网室内定位技术的特点在于:待测空间中的运动目标无须增加辅助设备,就可实现对其精确定位;探测范围大,定位误差小,具有良好的稳定性;当待测空间改变时,该技术无须变动系统的原来结构和工作方式,用户可以根据室内空间的大小来配置红外接收器的数目,其定位精度仍保持良好,较灵活地实现了系统的可扩展性和易部署性。但是,随着待测空间的增大,系统需要的红外接收器的数目也随之增加;对于多用户的位置检测与识别,该技术需要进一步的改进。

#### 参考文献:

- [1] Zeng Wen, Wang Hong, Xu Aidong. The research and analysis of channel models and positioning technology based on UWB [J]. Computer Science, 2007, 34(7): 34-37. (in Chinese)  
曾文,王宏,徐皓冬.超宽带技术的信道模型和定位技术研究与分析[J].计算机科学,2007,34(7):34-37.
- [2] Want R, Hopper A, Falcao V, et al. The active badge location system [J]. ACM Transactions on Information Systems, 1992, 10(1): 91-102.
- [3] AT&T Laboratories Cambridge. The Bat Ultrasonic Location System [EB/OL]. <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/bat/>, 2009-7.
- [4] Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR: An Inbuilding RF-based User Location and Tracking System [C]//Proceeding of IEEE Infocom 2000, 2000: 775-784.
- [5] Liang Yunji, Zhou Xingshe, Yu Zhiwen, et al. Analysis of the indoor positioning systems in pervasive environment [J]. Computer Science, 2010, 27(3): 112-124. (in Chinese)  
梁韵基,周兴社,於志文,等.普适环境室内定位系统研究[J].计算机科学,2010,27(3):112-124.
- [6] Ding Guangqing, Feng Xinxi. Adopt asynchronous updating state on joint tracking with infrared sensors and laser [J]. Journal of Projectiles Rockets Missiles and Guidance, 2006, 26(3): 349-351. (in Chinese)  
丁光庆,冯新喜.采用异步状态更新的红外与激光联合跟踪[J].火箭与制导学报,2006,26(3):349-351.