

基于嵌入式系统与 RFID 的室内定位方案设计

密启萌, 高丽

(安徽师范大学皖江学院, 安徽芜湖, 241000)

基金项目: 安徽省大学生创新创业训练计划项目(201813617017); 皖江学院科研项目(WJKY-201921)。

摘要: 本文是对室内定位算法拓展性研究, 一方面采用树莓派作为上位机, 改善了传统RFID技术使用台式机所引起的体积大、成本高的问题; 另一方面采用Python语言, 简化了代码量, 提高了代码的执行效率。两方面结合, 在树莓派上利用RFID技术实现以三边定位为基础的室内定位。

关键词: RFID; 嵌入式系统; 室内定位; Python

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2019.21.002

0 引言

二十世纪五十年代, 美国利用多普勒卫星定位技术成功研制了子午卫星导航系统^[1]。后来为了实现定位的连续性与实时性, GPS 定位技术成功问世, 给人们的生活提供了很大的便利^[2]。但是随着目前室内空间的不断增大, 让许多人在“钢筋水泥”中迷了路, 室外的定位技术已经远远无法为人们的生活提供足够的便利了, 所以对室内定位技术的研究便渐渐被人们所关注^[3]。

当下使用最为广泛的是 WiFi 定位技术, 许多大公司都是采用这种定位技术, 但是由于定位精度不高, 很难做到精准的室内定位^[4]; 蓝牙信标技术的作用原理与 WiFi 定位技术类似, 定位精度上要更加准确一些, 但是抗干扰能力相对较差^[5]; 红外线感应技术与超声波定位技术多用于室内环境简单的场合, 精度较高, 但是需要大量密集部署传感器, 需要较高的硬件和施工成本。最后一种就是本方案所使用的 RFID 定位技术, 其基本原理是通过一组固定的阅读器读取目标 RFID 标签的特征信息(如身份 ID、接收信号强度等), 根据特征值的大小利用多边定位算法计算出目标点位置, 并且射频技术具有传输距离远, 标签体积小、价格低等优点^[6]。

所以综合比较来看, RFID 定位技术成本较低, 定位精度较高, 操作较为简单, 适合大范围使用^[7]。目前关于 RFID 的定位算法大部分都是基于台式机采用 JAVA 编写, 本文将基于树莓派的平台, 采用 python 语言在不丢失精度的情况下对算法进行改进。

1 基于嵌入式系统的定位框架设计

1.1 嵌入式平台 - 树莓派

树莓派是一款基于 ARM 的微型计算机主板, 以 SD 卡为内部储存硬盘, 主板周围有 4 个 USB 接口和一个 100M 的以太网接口, 可以用于连接键盘、鼠标和网线等外部设备, 拥有视频模拟信号的 HDMI 高清视频输出接口和电视输出接口^[8]。同时作为嵌入式系统中的一种, 树莓派以嵌入式微处理器为核心, 集成了系统的应用软件和硬件, 软件方面代码

简单易操作, 硬件部分高度自动化并且响应速度快, 体积小, 成本较低, 适用于要对时间要求较高与多任务的体系结构系统, 具有强大的数据处理功能, 方便与其他系统共同使用, 易于开发利用。

1.2 RFID 系统

射频识别 Radio Frequency Identification(RFID) 系统主要由三部分组成, 即: 阅读器, 电子标签和天线^[9]。阅读器主要用于控制天线的接收与发送信号的功能, 并且可以处理分析数据, 是 RFID 的读写终端设备, 对接受到的信息进行分析, 用于获得电子标签的具体位置信息。电子标签内部的芯片都有独一无二的编码信息, 主要用于身份辨别, 当其进入磁场中时, 可以利用电磁感应获得感应电流, 从而获得能量以发送自身内部芯片中的信息。天线主要与阅读器的天线接口相连接。

RFID 系统具有非接触性, 能够做到远距离定位; 方便与其他技术平台相结合进行开发应用; 系统无需人工干预, 利用射频技术可自动识别信号覆盖范围内的多个目标的信息, 适应环境能力强, 定位精度高。其信号强度 RSSI (dBm) 与距离 $r(dm)$ 之间的数学关系为:

$$RSSI(dBm) = -46 - 13 * \ln(r - 0.02)$$

总的来说, RFID 技术基于其多方面优点, 满足当下对室内定位的要求, 适合于大范围使用。本系统主要基于此技术构建, 利用 RFID 的室内定位优势创建的室内定位系统, 并将其在具体上层应用中实现。

1.3 总体设计

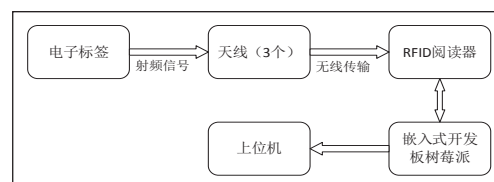


图1 总体框架图

本设计硬件部分主要由树莓派和 RFID 系统以及上位机共三部分构成。RFID 阅读器主要负责接收电子标签的信号信息, 将标签信号输出给树莓派进行运算处理, 最后可得出

电子标签的具体位置，显示在上位机上实现室内定位功能。

2 基于 Python 语言的定位算法

2.1 数学模型

Trilateration（三边测量）是一种常用的定位算法，适用于大多数的场合，并且测量精度较高^[10]。主要原理是通过三个参考节点以及目的节点与三点之间的距离，利用根据毕达哥拉斯定理计算出目的节点的位置坐标。同理，在采用 RFID 射频技术的室内定位中，通过测量各点与天线之间得 RSSI 系数，利用三边定位算法即可得出目的节点的位置。

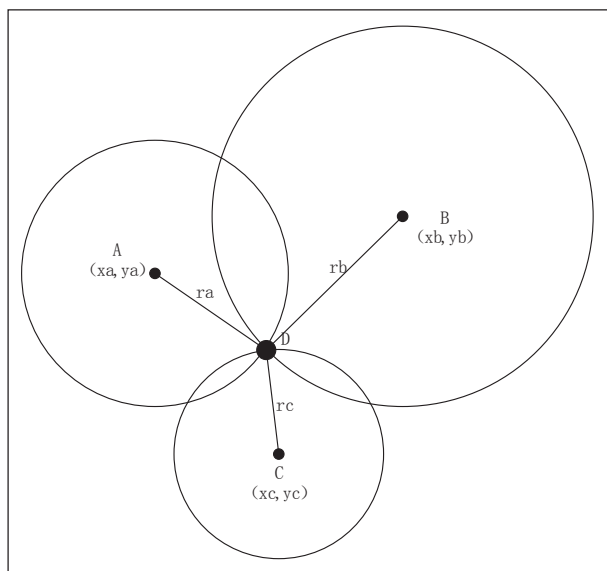


图 2 三边定位算法原理图

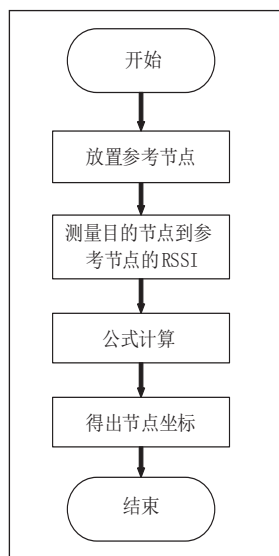


图 3 算法流程图

三边定位算法需要三个点的坐标值，如图 2 所示 A, B, C 三点，D 为待测点，坐标为 (x,y)，其中 A、B、C 三点距离 D 的长度分别是 ra, rb, rc，计算公式如下：

$$(xa - x)^2 - (yb - y)^2 = ra^2$$

$$(xb - x)^2 - (yb - y)^2 = rb^2$$

$$(xc - x)^2 - (yc - y)^2 = rc^2$$

RFID 阅读器可通过 RSSI 的计算公式计算出 ra, rb, rc，再利用上述公式即可计算出点 D 的坐标 (x, y)。

2.2 算法的 Python 实现

为了提高代码执行效率，在提高运算效率的同时又不丢失精度，本设计采用了 Python 语言对三边定位算法进行编写，其中主要运算代码如下：

```

def triposition(xa,ya,da,xb,yb,db,xc,yc,dc):
    x,y=sympy.symbols('xy')
    f1=2*x*(xa-xc)+np.square(xc)-np.square(xa)+2*y*(ya-yc)+np.square(yc)-np.square(ya)-(np.square(dc)-np.square(da))
    f2=2*x*(xb-xc)+np.square(xc)-np.square(xb)+2*y*(yb-yc)+np.square(yc)-np.square(yb)-(np.square(dc)-np.square(db))
    result=sympy.solve([f1,f2],[x,y])
    locx,locy=result[x],result[y]
    return[locx,locy]
    
```

其中 xa, xb, xc 为三个参考点的横坐标；ya, yb, yc 为三个参考点的纵坐标；da, db, dc 为三个参考点到目标节点的距离；locx, locy 即为目标节点的坐标位置。

3 算法仿真

本仿真实验所用到的主要器材有 RFID 阅读器、树莓派、天线；其中 RFID 阅读器使用的是由 ThingMagic 公司生产的 Mercury6(M6) 读写器，一款超小型四通道多协议的超高频 RFID 读写器，可以支持 DHCP、NTP、TCP/IP、UDP/IP、HTTP、SNMP 等多种通信协议，通过以太网获取能源，并且具有可供用户使用 C 语言和 JAVA 进行开发的软件界面；树莓派则是采用 3B+ 型 Raspberry pi 3b+ 开发板，拥有四个 USB 接口、一个网线接口和一个视频信号输出接口。

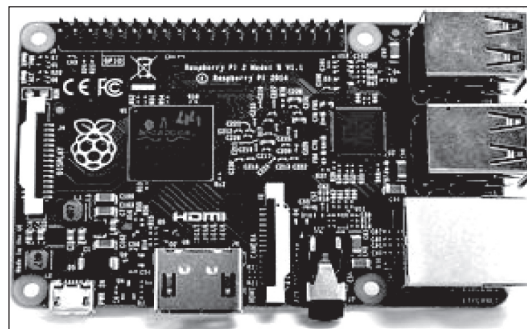


图 4 树莓派实物图

3.1 数据采集与仿真

为了更快的获取准确的位置信息，我们将实验区域分成了 100 等份，测量每个单位区域内的三边信号强度数值，作为精准度较高的参考数据。

本实验通过 A, B, C 三个位置对区域内的 100 个小方格进行信号强度的测量，三个位置以及实验场景具体布局如图 5 所示。

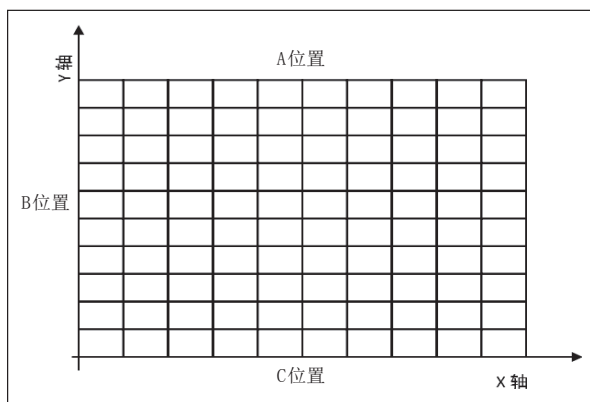


图 5 实验场景图

本实验基于 RFID 技术与树莓派的平台技术进行，在室内进行小规模实验，以小方格表示一个最小单元坐标单元，每个位置都用三个电子标签进行多次测量取平均数据。

步骤 1：划出一块 1m×1m 的正方形区域作为实验，各个边平均分成 10 块，也就是将整个区域分成 100 个小块。

步骤 2：在正方形区域上选择三条边，分别对应着三个方向，实验中记为 A,B,C 三个位置在对应三个位置上分别测得每个小块的信号强度，并依次进行记录。实验数据如下：

A 位置：

10	71.67	73.00	74.33	74.67	76.00	77.33	78.00	80.00	80.33	80.67
9	70.33	72.00	73.00	74.33	74.67	76.00	77.00	78.33	79.33	80.33
8	68.67	70.67	72.33	71.00	73.67	75.33	76.33	76.00	78.00	79.33
7	66.33	69.33	71.67	70.00	72.33	73.67	73.33	74.33	76.33	77.33
6	65.00	66.33	70.00	68.67	71.67	72.33	72.67	73.00	74.33	75.33
5	65.33	66.00	70.33	68.67	72.00	72.67	72.33	73.33	74.67	75.67
4	66.67	69.33	71.33	70.00	72.67	73.33	73.33	74.00	75.67	77.67
3	68.00	70.00	72.33	72.00	73.00	75.67	76.67	75.00	78.00	79.67
2	70.67	70.67	73.33	72.33	73.67	76.00	77.33	78.33	79.00	80.33
1	71.33	72.33	74.00	73.33	75.00	77.00	78.33	79.67	80.33	80.67
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

B 位置：

10	71.67	70.00	68.00	67.33	65.00	65.33	67.00	68.00	71.00	72.00
9	72.00	71.00	70.00	69.33	66.00	66.67	68.33	70.00	72.67	73.00
8	73.33	72.67	72.00	69.67	68.87	68.67	69.33	71.00	74.33	74.67
7	74.00	73.33	73.00	70.33	70.00	70.00	71.00	73.33	75.00	76.00
6	74.67	74.33	74.00	72.33	72.00	71.67	72.33	73.67	76.00	77.33
5	76.67	76.33	75.33	72.67	72.33	72.00	72.67	76.00	77.00	78.33
4	78.67	78.33	77.33	73.00	73.00	73.33	73.67	77.67	78.00	79.33
3	79.67	79.00	78.00	75.00	74.00	73.67	74.67	78.00	78.33	80.00
2	80.00	79.33	78.67	75.67	74.67	74.00	75.00	78.33	78.67	80.67
1	80.67	80.33	79.00	76.00	75.33	75.67	76.33	80.00	81.00	81.33
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

C 位置：

10	80.67	80.33	79.00	76.00	75.33	75.67	76.33	80.00	81.00	81.33
9	80.00	79.33	78.67	75.67	74.67	74.00	75.00	78.33	78.67	80.67
8	79.67	79.00	78.00	75.00	74.00	73.67	74.67	78.00	78.33	80.00
7	78.67	78.33	77.33	73.00	73.00	73.33	73.67	77.67	78.00	79.33
6	76.67	76.33	75.33	72.67	72.33	72.00	72.67	76.00	77.00	78.33
5	74.67	74.33	74.00	72.33	72.00	71.67	72.33	73.67	76.00	77.33
4	74.00	73.33	73.00	70.33	70.00	70.00	71.00	73.33	75.00	76.00
3	73.33	72.67	72.00	69.67	68.87	68.67	69.33	71.00	74.33	74.67
2	72.00	71.00	70.00	69.33	66.00	66.67	68.33	70.00	72.67	73.00
1	71.67	70.00	68.00	67.33	65.00	65.33	67.00	68.00	71.00	72.00
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(1) 在采集的数据表格上选择一个点，利用 RSSI 的公式算出此点与 A、B、C 三点之间的距离 d_a 、 d_b 、 d_c ，其中三点的坐标分别为 A:(0,5), B:(5,10), C:(5,0)。

(2) 由 RFID 阅读器将待测点对应的 d_a, d_b, d_c 三个数字传入树莓派的上述程序中，通过三边定位算法得出待测点坐标。

(3) 记录下数据，与实际坐标进行比较，查看误差大小。

3.2 仿真结果分析

我们由 RFID 向树莓派一次发送一组值，通过信号强度与距离的关系算出实际坐标值。在树莓派上运行的实验现象如下，其中 2,3 两行 x_c , y_c 为实际的坐标点，每一个实际的坐标值都对应着数据库中三个信号强度，通过公式的转换向三边定位函数传递三个距离值，而得出测算出的位置坐标，如图第 4 行为测算出的坐标值。



图 6 树莓派运行图

通过多次反复试验，实验数据如表 1 所示。

表 1 实验数据采集表 (单位/dm)

实际坐标	测算坐标	误差值
(2,5)	(2.6,5.6)	0.85
(4,8)	(6,7.8)	2.10
(1,5)	(2.4,5.4)	1.46
(7,9)	(5.8,7.1)	2.25
(3,5)	(2.8,5.6)	0.63
(1,5)	(2.4,5.4)	1.46
(3,6)	(2.8,5.8)	0.29
(1,7)	(1.9,5.9)	1.42

为了更好地说明三边定位算法的准确性，我们利用 python 语言的可视化生成了具体的定位信息图，但由于树莓派一直无法导入 matplotlib 包，无法在树莓派上生成具体图像，所以我们又在上位机上重新进行了代码的运行，生成的图像如图 7 所示。

其中目标点 (图中用星状点表示) 与 A、B、C (图中

用圆点表示) 三点之间的距离分别 d_a 、 d_b 、 d_c 。

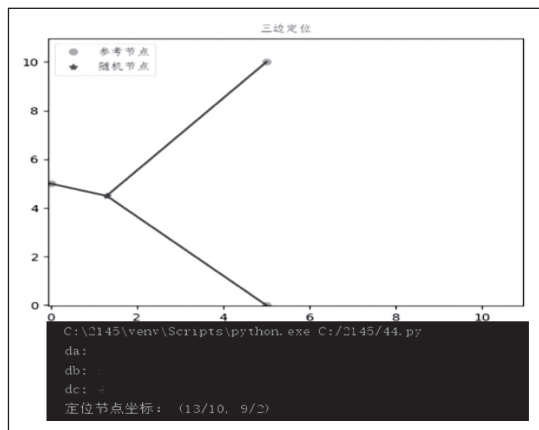


图7 $(d_a, d_b, d_c) = (2, 6, 4)$

图7表示当待测点的位置到A、B、C三个点的距离分别为2分米、6分米与4分米, 此时测算出的目标节点坐标为 $(13/10, 9/2)$ 。

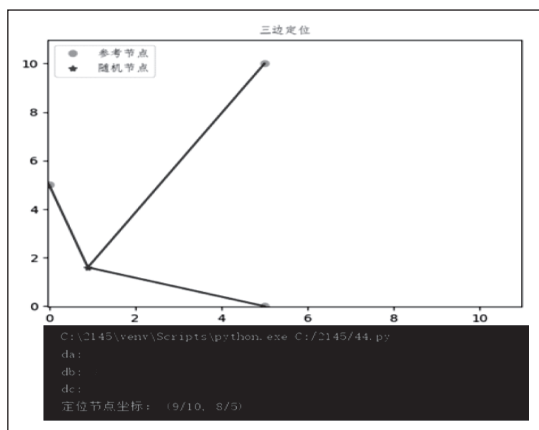


图8 $(d_a, d_b, d_c) = (3, 4, 5)$

图8表示当待测点的位置到A、B、C三个点的距离分别为3分米、4分米与5分米, 此时测算出的目标节点坐标为 $(9/10, 8/5)$ 。

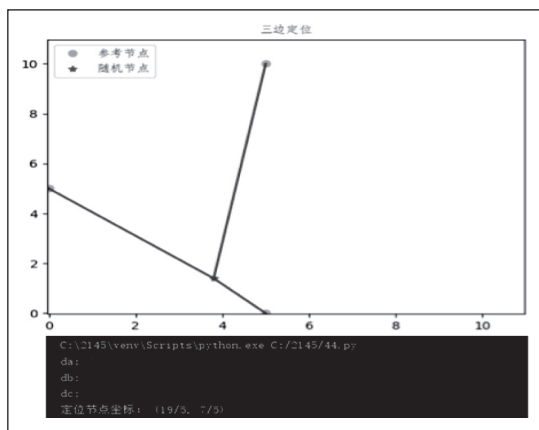


图9 $(d_a, d_b, d_c) = (7, 5, 6)$

图9表示当待测点的位置到A、B、C三个点的距离分

别为7分米、5分米与6分米, 此时测算出的目标节点坐标为 $(19/5, 7/2)$ 。

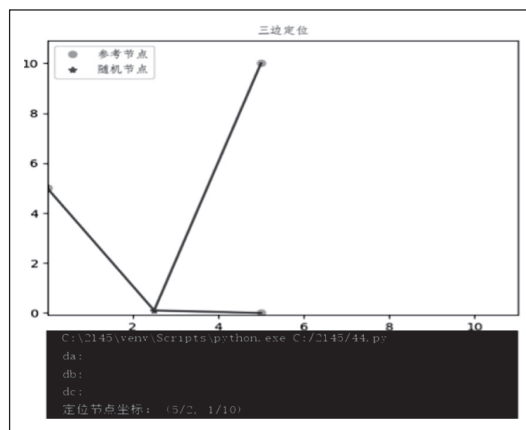


图10 $(d_a, d_b, d_c) = (7, 5, 7)$

图10表示当待测点的位置到A、B、C三个点的距离分别为7分米、5分米与7分米, 此时测算出的目标节点坐标为 $(5/2, 1/10)$ 。

由以上数据可知, 优化后的三边定位算法的定位精度值在1.5dm左右, 定位较为准确, 精度相较较高, 适合做较为精准的室内定位计算。

4 总结

本文主要提出了一种基于树莓派的室内定位技术, 利用三边定位算法在定位精度不丢失的前提下提高了算法的运行效率, 改进了当下定位技术对室内空间无法穿透, 做到精确定位的缺陷, 相较于目前主流的室内定位技术来说, 本设计体积小、定位精度较好、运行速率快。同时本设计也存在着许多不足, 在定位精度上还有待提高, 不能做到厘米级的精确定位; 另外除了定点定位的功能外, 还可以增加对位置信息存储从而生成运动轨迹的动态定位功能。

综合来说, 本设计适用于许多室内环境较为复杂的场合, 比如室内停车场对车辆的定位、公司大楼内对员工的实时定位等相似场合, 适合大范围推广。

参考文献

- * [1] 冒曹鑫. 单星无源多普勒定位算法与误差分析[J]. 电子测量技术, 2017(02): 59-63.
- * [2] 李长真. 卫星多普勒定位技术及发展[J]. 物理, 1993, 08: 479-482.
- * [3] 苗履丰. GPS系统及其应用[J]. 测绘科技动态, 1988, 03: 45-51.
- * [4] 席瑞, 李玉军, 侯孟书. 室内定位方法综述[J]. 计算机科学, 2016, 43(04): 1-6+32.
- * [5] 舒华, 宋辞, 裴轲. 室内定位数据分析与应用研究进展[J]. 地

(下转第82页)

AFC 将预锁频器的输入和标准频率进行对比,判断宽带压控振荡器的控制频带是否和标准状态的频带接近,并通过调整 AFC 的控制编码将宽带压控振荡器的控制频带精准校对到目标频带内,此时 AFC 断开 SW_1 , 闭合 SW_2 , 频率自锁环路开始运行,鉴频相器对标准频率与可编程锁频器的输入频率进行对比,判断 VCO 的输入频率是否达到标准频点,并通过控制电荷泵对高通滤波器完成充 / 放电,以此调整 VCO 的控制电压,将频率校准到目标频点内。本文针对应用于卫星导航系统的频率合成器采取 32MHz 的晶振,宽带 VCO 频率范围在 2.1—3.61GHz,分频比在 90—141 上下波动。

3 实验与效果分析

为了更加清楚、具体的看出本文设计的基于人工鱼群的雷达探测器脉冲信号接收电路的实际应用效果,特与传统雷达探测器脉冲信号接收电路进行对比,对信号接收的精确度进行比较。

3.1 实验准备

为保证实验的准确性,将两种雷达探测器脉冲信号接收电路设计置于相同的实验环境之中,保证其他常量不变的情况下,进行信息接收能力的相关实验。

3.2 实验结果分析

实验过程中,通过两种不同的雷达探测器脉冲信号接收电路设计同时在相同环境中进行工作,分析其信号接收能力的变化。实验对比数据结果如表 1 所示,并根据实验数据绘制对比图,如图 3 所示。

表1 实验对比数据表

信号量 /bit	精确度	
	本文电路	传统电路
20	94	58
40	90	23
60	91	12
80	38	40
100	50	64
120	69	10
140	75	20

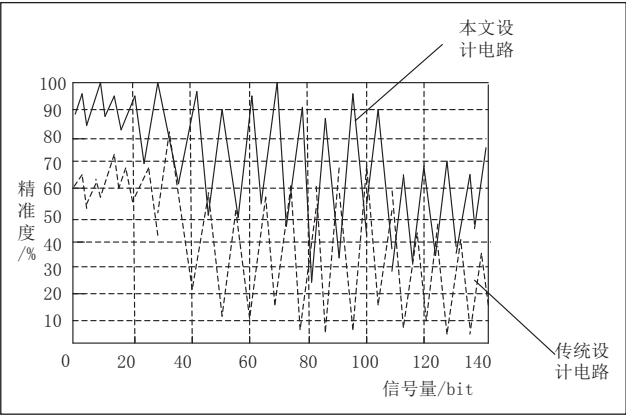


图 3 实验结果对比图

根据试验结果,可以看出本文设计的信号电路在信号量一定的情况下,其接收信号的精确度要高于传统电路设计,最高可达 97%,且始终高于传统电路设计,因此本文设计电路具有较高的有效性。

4 结束语

本文对基于人工鱼群的雷达探测器脉冲信号接收电路设计进行分析,依托人工鱼群作用机制,根据卫星导航系统的运行要求,对雷达探测器脉冲信号接收电路进行优化设计。希望本文的研究能够为基于人工鱼群的雷达探测器脉冲信号接收电路设计方法提供理论依据。

参考文献

* [1] 马佳志,施龙飞,徐振海.单脉冲雷达多点源参数估计与抗干扰技术进展[J].雷达学报,2019,34(1):125-139.

* [2] 许江波,刘琳岚.基于改进人工鱼群算法的无人机三维航迹规划[J].计算机工程与设计,2019,11(2):540-544.

* [3] 王楠,戴江斌,韩钧.基于改进人工鱼群算法的反TBM目标分配策略[J].火力与指挥控制,2019,19(4):65-68.

* [4] 刘连生,张磊.基于MSP430的脉冲信号的测试与分析[J].电子测试,2009(08):19-22.

* [9] 李玉淋.RFID射频技术课程实践教学探索[J].信息系统工程,2018,03:170.

* [10] Yuan Hui,Zhu Lichun. TPS based on trilateration for the feed measurement of FAST[J]. High Technology Letters,2018,24(01):90-94.

* [11] 苏永健.浅谈利用RFID技术实现数字化计量[J].电子测试,2019(10):55-56.

(上接第 8 页)

理科学进展,2016,35 (05): 580-588.

* [6] 曾显彬.基于超声波与红外线的室内实时定位系统的研究与实现[D].华侨大学,2017.

* [7] 王金川,覃真,韩煜.射频技术发展现状与应用[J].电子技术应用,2007,07:5-7+11.

* [8] 李龙棋,方美发,唐晓腾.树莓派平台下的实时监控系統开发[J].闽江学院学报,2014,35 (05): 67-72.