

基于超声技术的室内定位设计

徐昆毓

(华北水利水电大学, 河南 郑州 450011)

摘要: 本设计以 STC89LE52AD 单片机和超声换能器为核心, 采用时间到达法, 移动节点的超声波接收模块和射频发射模块以及固定节点的超声波发射模块和射频信号接收模块。利用三点决定一个平面原理设定三个固定超声波发射点。用射频信号的发射和接收时间作为计时点, 根据固定节点超声波发射和移动节点接收到超声波之间的时间差确定固定节点和移动节点之间的间距, 实现对移动节点的定位功能。

关键词: 单片机; 超声波; 射频; 定位; 移动节点

Interior Positioning Design Based on Ultrasonic Technology

XU Kunyu

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: The core of this design is STC89LE52AD single chip microcomputer and ultrasonic transducer. Adoption of Time arrival method, Ultrasonic receiving module and RF emission module for mobile nodes and Ultrasonic emission module and RF signal receiving module for fixed nodes are used. Using three points to determine a plane principle to set three ultrasonic emission points. The launch and reception time of the RF signal is used as the timing point, The spacing between the fixed node and the moving node is determined according to the time difference between the ultrasonic emission and the receiving, So as to realize the positioning of mobile nodes.

Key words: Microcontroller unit (MCU); Ultrasonic; Radial frequency; Positioning; Mobile nodes

doi: 10.3969/j.issn.1006-8554.2019.09.002

0 引言

随着对于位置信息获取精度的提高, 使得人们对于定位技术的研究越来越深入。全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 是现代人们首选技术, 常被用于车辆导航等。但由于 GPS 定位精度差 (大于 0.5 m), 军用级别的 GPS 所能实现的定位精度在亚米级及其以下, 大约的定位精度在 0.3 m; 并且 GPS 定位信号不能穿透建筑物。基于此, 要在室内确定移动物体的位置, GPS 是无法实现室内定位的。近年来基于 GPS 技术和 WIFI 技术、移动数据技术等联合进行定位的方案不断涌现, 并实现了室内室外高精度定位。基于此, 现代定位系统特别是室内定位系统已不再局限于单一技术, 而是融合两种或是两种以上的技术互补, 实现发挥优势弥补劣势的目的。现代室内定位系统是基于多种定位技术融合^[1-4], 具有高速度、高精度、实时等特点; 主要应用于大型货仓、停车场、矿井等场合。

1 现代室内定位系统

1) Project Tango 定位方案, 应用 3D 建模技术对周围环境进行描述, 确定室内环境, 定位时将考虑建好 3D 模型, 提高定位精度和可靠性, 优点是不需要固定的基站或节点, 缺点是是需要不断修正 3D 模型信息存储量巨大。

2) 5G WIFI 定位方案, 将 GPS 技术与 5G WIFI 技术融合在一起来实现室内的准确定位, 对定位信息进行加密处理, 保证位置信息的安全性, 其定位采用将三组数据串流的空间多工的工作模式, 5G WIFI 定位方案的室内定位芯片已经渐渐开始走

向商用阶段, 在地下停车场、大型超市、飞机场、学校等场所有所应用, 其室内定位的精度在亚米级。

3) IndoorAtlas 定位方案, 基于地球磁场数据与 3D 建模技术实现精度达到米量级的室内定位技术。

4) HAIP 技术, 基于多点电磁波发射和接收定位技术。利用超声波反射法测距在智能小车避障、循迹及倒车雷达等方面得到广泛应用。其基本原理是超声波的发射和接收装置在同一位置, 以超声波发射器发射超声波时刻为计时始点 (t_0), 超声波接收器接收到超声波信号时刻为计时终点 (t), 根据声波在空气中的传播速度 v 得到车与障碍物之间的距离 $L = v \times (t - t_0)$ 。基于此原理可实现超声波室内定位。

2 超声波定位原理

2.1 超声波测距^[5-6]

在定位系统中最主要的是测距。根据测距原理超声波室内定位方法可分为: 反射法和时间到达法。①反射法, 是超声波传感器的接收和发射探头在同一位置, 超声波信号会沿与超声波传感器垂直的方向进行传播, 碰到障碍物时, 会有一部分超声波信号被反射回来, 超声波传感器的接收探头接收到信号, 计算从超声波传感器发射探头发射超声波信号到经过中间一系列步骤后被超声波接收探头接收到的时间, 以此得到超声波传感器与被测物体 (或者说是障碍物) 之间的距离完成测距。②时间到达法, 是将超声波传感器的接收探头和发射探头放在两个不同的位置, 将一个超声波传感器 (发射探头或者接收探

头)放在固定的位置,将另一个超声波传感器(发射或者接收探头)放在被测物体上,由超声波发射传感器发送超声波信号后,经过空间介质的传播,超声波接受传感器将收到超声波信号,从而完成测距。

反射法进行测距,由于超声波在空气中传播的距离较长,同时被测物体对超声波也有吸收作用,致使信号衰减明显,有效测量距离会有明显下降,此方法只适用于进行超声波避障和循迹,而不适用于室内定位。时间到达法进行测距,超声波发射和接收均在空气中传播,没有经历物体对声波的吸收,超声波衰减较少,接收器接收到的信号强度较强,这样可有效测量,距离大,精度高,基于此本设计选用时间到达法进行。

2.2 超声波室内定位原理

为了同步时间节点,在时间到达法的基础上加入射频同步模块。具体设计如下。

在某处(A)安装含有超声波接收模块和射频发射模块的移动节点;在某处(B)安装包含超声波发射模块、射频信号接收模块固定节点;系统初始化完毕后,移动节点发出射频信号,同时开启定时器进行计时操作,固定节点接收到射频信号立即响应,单片机开启超声波发射模块发射超声波信号,此时移动节点处于等待接收超声波信号状态,移动节点接收到超声波信号,计时器停止计时,计时器所得到的时间就是超声波信号在移动节点和固定节点之间的传播时间 T 。由于射频信号的传播速度远大于超声波的传播速度,因此在计时的这段时间内射频信号的传输时间可以忽略不计,这段计时时间就等于超声波信号的传输时间和单片机的通信处理时间。若单片机的通信时间为 t ,则移动节点A处和固定节点B处之间的间距 d 可以用式(1)算出:

$$d = v \times (T - t) \quad (1)$$

本设计采用三个固定节点到移动节点的间距 d 测出,分别假设为 d_1 、 d_2 、 d_3 。固定节点的位置是已知的分别为 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) ,移动节点的位置是未知的为 (x, y) ,根据代数知识用式(2)便可求得移动节点的位置:

$$\begin{aligned} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 &= d_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 &= d_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 &= d_3^2 \end{aligned} \quad (2)$$

解出的坐标 (x, y) 即为要求点的位置。

3 系统硬件设计

3.1 空间分布^[7-8]

室内定位系统的三个固定节点置于建筑物内部稍高的地方可以减少由于障碍物遮挡所造成的不必要的干扰,在空间的分布如图1所示。

3.2 移动节点

如图2所示是移动节点硬件电路的框图,在系统启动工作后,单片机的移动节点会发出射频信号,这个射频信号的作用是同步各个节点的时间;当各个固定节点的时间被同步后,各个固定节点采用分时发送超声波信号的方式保证超声波接收

模块可以辨清信号是哪个固定节点所发。LCD1602是一个显示模块,用来显示测量结果的位置坐标。

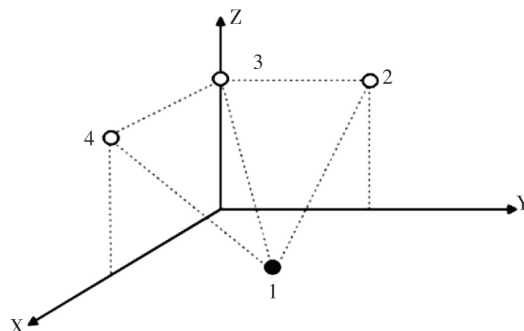


图1 系统的空间分布图

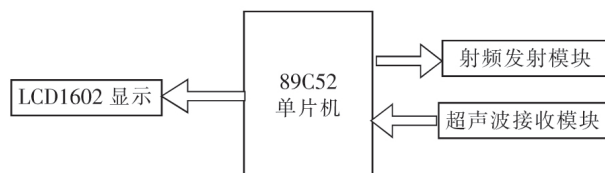


图2 移动节点框图

超声波接收探头和超声波接收处理电路。超声波接收处理电路使用的是中规模集成电路CX20106A。通常来说,中规模集成电路CX20106A经常作为各种遥控器的接收电路使用,但是清楚的使用其对应引脚的功能,可以很好地进行超声波信号的后期处理。定位系统的超声波接收模块在系统中的原理图如图3所示。

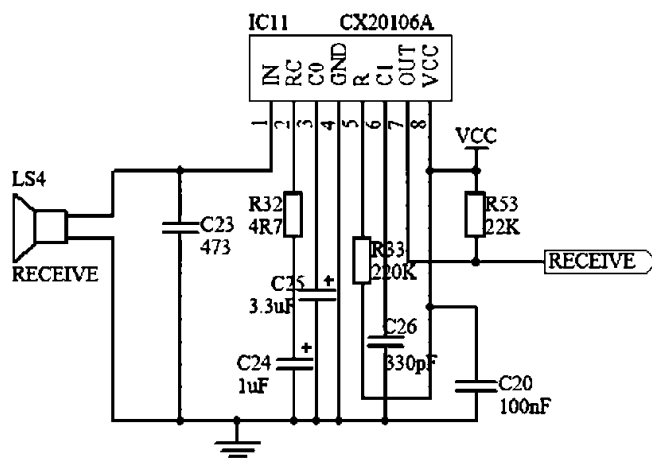


图3 超声波接收电路的原理图

3.3 固定节点

固定节点也采用89C52单片机作为控制芯片,系统一直处于等待接收射频信号的状态。射频接收模块采用NRF24L01,它的主要作用是当节点发出射频信号后,经过一段时间在空间中的传播,在节点处接收到此射频信号,通过此射频信号的接收来确定超声波发射模块的动作,当接收到射频信号时,经过单片机的处理,超声波发射模块发射超声波信号,以保证超声波接收模块的接收。其原理图如图4所示。

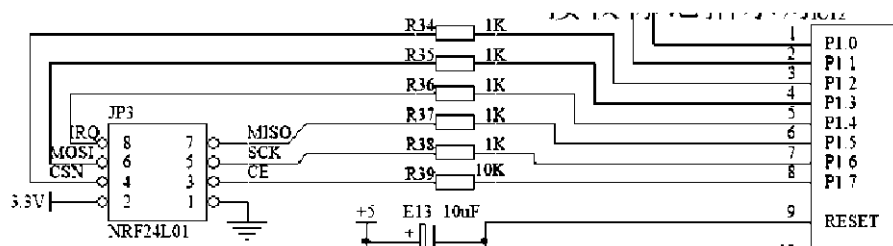


图4 射频接收模块原理图

超声波发射模块 89C52 单片机产生一定频率的方波(方波的占空比为 50% ,方波的频率为 40KHz) 经过 5 个非门组成的电路,通过超声波发射探头发射出去,原理图如 5 所示。

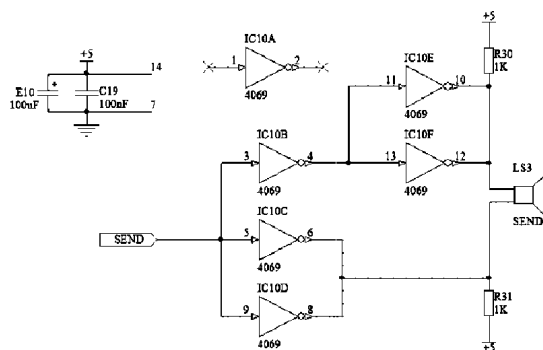


图5 超声波发射模块原理图

普通的超声波传感器的探头可覆盖的入射和出射角度在 60°左右,我们在超声波传感器的发射探头上加上圆锥形反射锥,用来加强硬件的平面波传播功能,可以根据固定节点和移动节点的实际放置位置通过对圆锥形反射锥的顶角角度的调整,来应对不同的系统需求。

4 系统软件设计

移动节点主要完成的功能是发射射频信号,超声波信号的接收,目标节点的位置显示。主程序中应包括初始化程序,发射射频信号程序,等待超声波接收程序,显示距离程序、延时程序。其设计流程应与总体软件相符合。流程如图 6 所示。

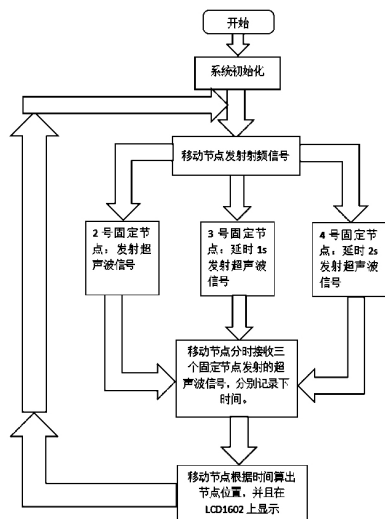


图6 系统流程图

5 结语

本设计以 STC89LE52AD 单片机和超声换能器为核心,采用时间到达法,移动节点的超声波接收模块和射频发射模块以及固定节点的超声波发射模块和射频信号接收模块。利用三点决定一个平面原理设定三个固定超声波发射点。用射频信号的发射和接收时间作为计时点,根据固定节点超声波发射和移动节点接收到超声波之间的时间差确定固定节点和移动节点之间的间距,实现对移动节点的定位功能。

参考文献:

- [1] Chen L ,Kuusniemi H ,Chen Y ,et al. Constrained Kalman Filter for Indoor Bluetooth Localization [C]//Proc of the 23rd European Signal Processing Conference (Eusipco 2015) . IEEE ,2015.
- [2] 蓝威涛,张卫强,罗健宇,等.基于相位差测距的 RFID 室内定位系统设计[J].传感器与微系统,2017,36(10): 85 - 91.
- [3] Xu C ,Firmer B ,Zhang Y ,et al. Improving RF - based device - free passive localization in cluttered indoor environments through probabilistic classification methods [C]//International Conference on Information Processing in Sensor Networks. 2012.
- [4] Chen L ,Kuusniemi H ,Chen Y ,et al. Constraint Kalman filter for indoor bluetooth localization [C]//Signal Processing Conference. 2015.
- [5] 张野.基于 STC89C52 单片机的超声波测距仪设计[J].科技与企业,2015(3): 59.
- [6] 杜洁,徐本连,朱培逸.多路无线超声波测距系统研发[J].中国测试,2015,41(1): 81 - 84.
- [7] 高飞.电磁波测距三角高程法测量的精度分析[J].广东科技,2012,21(9): 128 - 129.
- [8] 葛柳飞,赵秀兰,李克清,等.分布式 AP 选择策略在室内定位中的应用[J].传感器与微系统,2015,34(9): 154 - 157.

作者简介:

徐昆毓(1998 -),男,河南人,华北水利水电大学电力学院电气工程及其自动化在读本科生。