

文章编号: 2095-2163(2020)11-0137-05

中图分类号: TP23

文献标志码: A

基于 UWB 技术的定位算法设计

黄佳鑫, 王民慧

(贵州大学 电气工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 本设计利用 UWB 技术, 通过定位算法对标签进行定位。以 STM32F407ZGT6 单片机作为主控核心控制器, DWM1000 作为数据传输传感器, 通过标签对数据的采集传给主控单片机进行数据处理, 随后将标签信息显示于 LCD 屏幕上。

关键词: 超宽带(UWB); STM32F407ZGT6; DWM1000; 定位算法

Design of Location Algorithm Based on UWB Technology

HUANG Jiaxin, WANG Minhui

(School of Electrical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

[Abstract] This design utilizes UWB technology to locate the label through the trilateral positioning algorithm. STM32F407ZGT6 single-chip microcomputer is used as the main control core controller, and DWM1000 is used as a data transmission sensor. The data is collected through the label and sent to the main control single-chip for data processing, and then the label information is displayed on the LCD screen.

[Key words] Ultra-wideband (UWB); STM32F407ZGT6; DWM1000; Positioning algorithm

0 引言

随着科技的高速发展, 各类定位技术手段层出不穷, 但有些方法在不同条件下会受到不同的影响。例如卫星信号, 这种信号在室内会受到严重影响, 从而导致 GPS 或是北斗无法发送定位。因此, 室内定位主要采用无线通讯、基站定位、惯导定位等多种技术集成, 形成一套室内位置定位体系, 从而实现人员、物体等在室内空间中的位置监控。除通讯网络的蜂窝定位技术外, 常见的室内无线定位技术还有: Wi-Fi、蓝牙、红外线、超宽带、RFID、ZigBee 和超声波等。近年来, 由于超宽带(UWB)技术的成熟, 被广泛应用于各个领域, 如移动机器人定位, 煤矿人员定位等^[1]。2019年9月, 苹果的 iPhone11 系列的创新之一是首发了 UWB 技术, 用于精准的室内定位和导航。此外, 恩智浦也推出了 UWB 芯片。今后 UWB 在汽车、智能家居、工业等将会有更加广泛的应用。

多年前 UWB 仅仅是一种通信协议, 着重于高速数据的短距离传输。经过十多年的发展, 相对于 Wi-Fi 定位、蓝牙定位等其它现有技术, UWB 具有穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高、系统复杂度低、能提供精确定位精度等优势。除此之外,

UWB 技术解决了困扰传统无线通信技术多年的有关传播方面的重大难题, 具有对信道衰落不敏感、发射信号功率谱密度低、截获率低、系统复杂度低、能提供数厘米的定位精度等优点。

在智能家居逐渐进入人们生活的同时, 市场对于 UWB 定位技术的需求也随之增加。在日常智能生活使用中, 可以通过 UWB, 拥有某个人的精准定位信息, 能够更加个性化地控制智能家居的功能。例如戴儿童手表的孩子, 走丢时可以给父母打电话, 在短距离的情况下通过手机或手表内的 UWB, 精准定位小孩的位置^[2]。

UWB 技术提供精确、安全、实时的定位功能, 主要针对的是人员与设备之间, 这是其它无线技术(如 Wi-Fi、蓝牙和 GPS)无法比拟的。其最大的优势在于它是基于到达时间差原理进行定位。不同于场强原理, 因此抗干扰及多径能力更强, 不存在累计误差、偏差小、精度更高, 可广泛应用于消防抢险、物流跟踪、机器人、监狱管理、医疗设备管控、可穿戴设备等。

本设计是基于 STM32 单片机为主控芯片, 通过 DW1000 芯片进行数据传输, 利用 TWR 原理, 通过时间差算出标签与基站之间的距离^[3]。利用三边

作者简介: 黄佳鑫(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统; 王民慧(1962-), 女, 学士, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统。

通讯作者: 王民慧 Email: 1348338166@qq.com

收稿日期: 2020-09-04

测量算法,在固定好基站坐标的情况下,求得标签坐标,达到定位效果。

1 系统设计

本设计主要由传感器模块、控制器与处理器模块、显示模块和数据接收模块等构成。系统以 STM32F407ZGT6 单片机作为主控核心控制器,通过传感器模块对距离等数据信息进行采集,然后传给 STM32F407ZGT6 单片机,数据处理转换后,在显示模块上显示标签实时数据信息。

该设计实现了对标签数据信息的实时监测,同时实现数据可视化,让使用者可以清晰明了的掌握所需信息,为使用者提供更大的便利。

系统包括:数据接收、数据处理、数据显示 3 个关键部分。系统总体框架如图 1 所示。

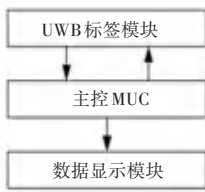


图 1 系统总体框架

Fig. 1 System overall design drawing

1.1 硬件设计

硬件系统以 STM32F407ZGT6 单片机作为主控核心控制器,STM32F103RCT6 单片机作为从控数据接收控制器。利用 DWM1000 传感器模块采集标签与基站之间的数据后,将数据传输到 STM32F103RCT6

单片机中,再通过串口通信方式,将 STM32F103RCT6 单片机上的数据传输到 STM32F407ZGT6 单片机中。数据通过 STM32F407ZGT6 单片机收处理后,传送到 LCD 显示模块进行数据显示。系统方案如图 2 所示。

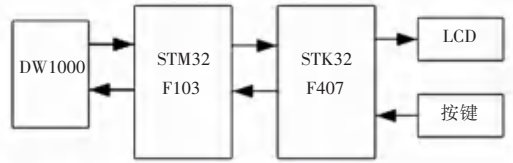


图 2 系统方案设计框图

Fig. 2 Block diagram of system scheme design

1.1.1 DWM1000 传感器

DWM1000 模块是基于 Decawave 公司 DW1000 芯片设计的超宽带收发模组。该模块集成了天线及所有的射频电路、电源管理和时钟电路^[4]。这款模块可用于 TWR 或 TDOA 定位系统中,用来定位目标,其精度一般小于 10cm;且该模块支持高达 6.8Mbps 的数据传输率。

DWM1000 板上的 DW1000 芯片,是基于 CMOS 的、低功耗的无线收发集成电路,遵循 802.15.4-2011 协议中的 UWB 标准芯片^[5]。DWM1000 并不需要用户设计电路,因为模块上包含了天线、无线通讯模块及相关的电路。

DWM1000 模块中嵌入了一个 38.4 MHz 参考晶振,可以把初始化频率误差降到大约百万分之二^[6]。DWM1000 电路原理如图 3 所示。

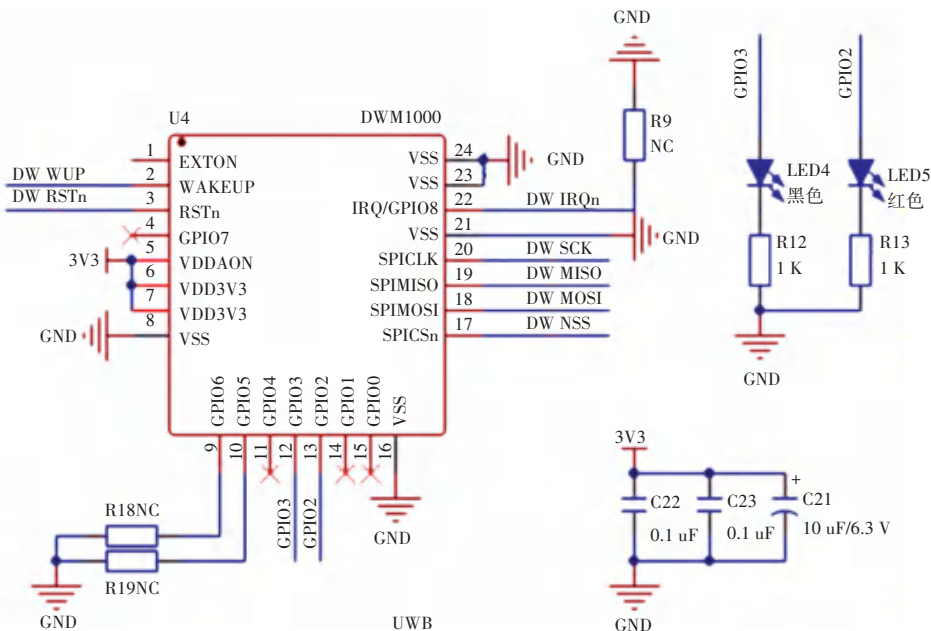


图 3 DWM1000 电路原理图

Fig. 3 DWM1000 circuit schematic

1.1.2 LCD 屏幕设计

LCD(Liquid Crystal Display) 俗称液晶显示屏, 属于平面显示器的一种, 用于电视机及计算机的屏幕显示。该显示屏的优点是耗电量低、体积小、辐射低。TFT 型的液晶显示器较为复杂, 主要由荧光管、导光板、偏光板、滤光板、玻璃基板、配向膜、液晶材料、薄模式晶体管等构成。液晶显示器必须先利用背光源, 也就是荧光灯管投射出光源, 这些光源先经过一个偏光板后再经过液晶, 这时液晶分子的排列方式进而改变穿透液晶的光线角度。之后这些光线接还必须经过前方的彩色滤光膜与另一块偏光板^[7]。因此, 只要改变刺激液晶的电压值就可以控制最后出现的光线强度与色彩, 进而使液晶面板上变化出不同深浅的颜色组合。LCD 屏幕原理如图 4 所示。

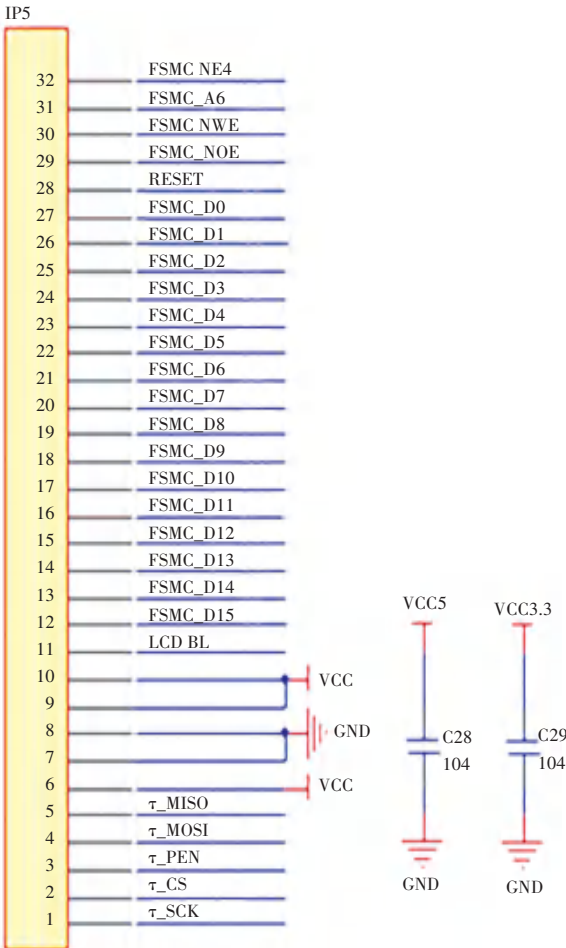


图 4 LCD 屏幕原理图

Fig. 4 LCD screen schematic

1.2 定位算法设计

利用 P_1 、 P_2 、 P_3 作为基站, 对标签 N 进行定位。假定基站为 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ 、 $P_3(x_3, y_3, z_3)$, 标签为 $N(x, y, z)$, S_1 为 N 与 P_1 之间

距离; S_2 为 N 与 P_2 之间距离; S_3 为 N 与 P_3 之间距离^[8]。如图 5 所示。

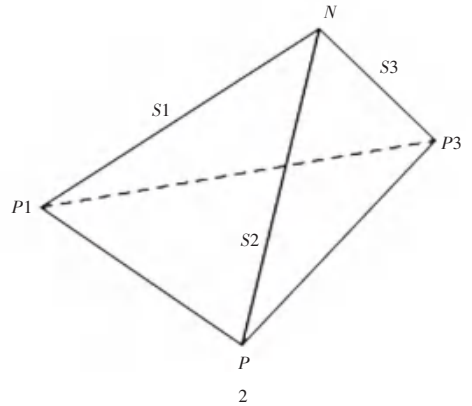


图 5 位置图

Fig. 5 Location Map

由此可得:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = s_1^2, \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = s_2^2, \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = s_3^2. \end{cases} \quad (1)$$

将(1)式可转化为:

$$\begin{cases} (x^2 + y^2 + z^2) - 2x_1x - 2y_1y - 2z_1z = s_1^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2, \\ (x^2 + y^2 + z^2) - 2x_2x - 2y_2y - 2z_2z = s_2^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2, \\ (x^2 + y^2 + z^2) - 2x_3x - 2y_3y - 2z_3z = s_3^2 - x_3^2 - y_3^2 - z_3^2. \end{cases} \quad (2)$$

(2)式可转化为下列矩阵:

$$\begin{bmatrix} -2x_1 & -2y_1 & -2z_1 \\ -2x_2 & -2y_2 & -2z_2 \\ -2x_3 & -2y_3 & -2z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x^2 + y^2 + z^2 \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1^2 - x_1^2 - y_1^2 - z_1^2 \\ s_2^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2 \\ s_3^2 - x_3^2 - y_3^2 - z_3^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

因此, (3)式可转化为:

$$A_0 \cdot x = b_0. \quad (4)$$

若限定条件为: $x \in E = \{(x_0, x_1, x_2, x_3)^T \in R^4 / x_0 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2\}$, 则实际放置位置大致如图 5 所示。此时 $R(A_0) = 3$, 维度为 1。设解为:

$$x = x_p + t \cdot x_h. \quad (5)$$

令: $x = (x_0, x_1, x_2, x_3)^T$, $x_p = (x_{p0}, x_{p1}, x_{p2}, x_{p3})^T$, $x_h = (x_{h0}, x_{h1}, x_{h2}, x_{h3})^T$, 可得出式(6):

$$\begin{cases} \dot{x}_0 = x_{p0} + t \cdot x_{h0}, \\ \dot{x}_1 = x_{p1} + t \cdot x_{h1}, \\ \dot{x}_2 = x_{p2} + t \cdot x_{h2}, \\ \dot{x}_3 = x_{p3} + t \cdot x_{h3}. \end{cases} \quad (6)$$

由于 $x \in E$, 所以得出:

$$x_{p0} + t \cdot x_{h0} = (x_{p1} + t \cdot x_{h1})^2 + (x_{p2} + t \cdot x_{h2})^2 + (x_{p3} + t \cdot x_{h3})^2. \quad (7)$$

(7)式可转化为:

$$t^2(x_{h1}^2 + x_{h2}^2 + x_{h3}^2) + (2 \cdot x_{p1}x_{h1} + 2 \cdot x_{p2}x_{h2} + 2 \cdot x_{p3}x_{h3} - x_{h0}) + x_{p1}^2 + x_{p2}^2 + x_{p3}^2 - x_{p0} = 0. \quad (8)$$

由一元二次方程求根公式 $t_{1/2} =$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

可得出两个解, 设为 x_1, x_2 。设

$$I = \begin{bmatrix} \hat{e}_0 & 0 & 0 & 0 \\ \hat{e}_0 & 1 & 0 & 0 \\ \hat{e}_0 & 0 & 1 & 0 \\ \hat{e}_0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{u} \\ \dot{u} \\ \dot{u} \end{bmatrix},$$

再利用 $N = x \cdot I$, 得出两个相同

的纵横坐标, 最终得出标签位置坐标^[9]。

1.3 软件设计

三边定位系统的主程序流程如图 6 所示。首先系统分别进行时钟初始化、中断分组配置、串口初始化、LED 初始化、LCD 初始化以及按键等初始化, 将各个部分初始为最佳状态; 通过 DWM1000 得到各个基站位置坐标 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) , 以及标签与各基站相距位移 S_1, S_2, S_3 。通过这些数据, 判断基站是否处于同一条直线或者相距位置是否过近。根据三点确定一个平面的原则, 若基站处于同一直线上, 则无法进行坐标确定。如果基站相对位置过于贴近, 会由于误差的影响导致测量坐标不准确。因此, 无论哪种情况出现都需要重新调整基站位置再进行实验。STM32F407ZGT6 单片机接收到传来的数据信息后, 通过三边定位算法, 随后对矩阵求解, 计算出标签最终坐标。标签坐标求得后, 通过 STM32F407ZGT6 单片机驱动 LCD 屏幕, 在屏幕上对标签位置坐标进行显示^[10]。与此同时 DWM1000 不断测量数据传给 STM32F407ZGT6 单片机然后进行处理, 随后展示与 LCD 屏幕上, 达到实时效果^[11]。

2 实验结果分析

本设计系统在学校实验室进行, 为便于使用与测量, 3 个基站设置成直角三角形。3 个基站位置坐标分别为 $(0, 0)$ 、 $(2.4, 0)$ 、 $(0, 3.0)$ 。将标签与 STM32F407ZGT6 单片机连接, 分别将 3 个基站与标签同时上电。连接成功后将程序烧录于主控芯片之

中, 此时可以在 LCD 屏幕上看到位置信息。实验显示的实际坐标、测量坐标位置及坐标误差值见表 1。

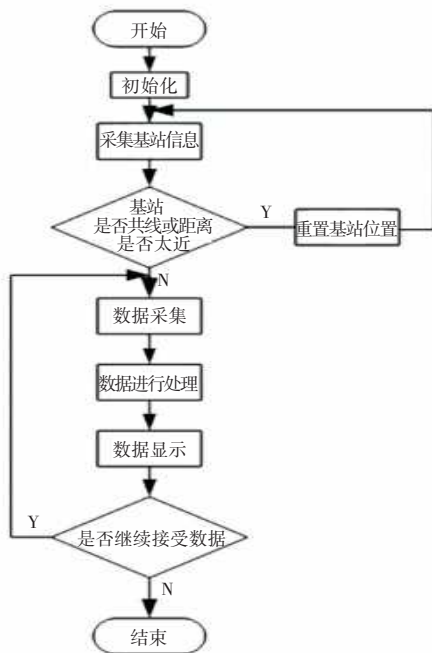


图 6 系统程序设计图

Fig. 6 System programming diagram

表 1 实验结果对比

Tab. 1 Comparison of experimental results

实际坐标	测量坐标	坐标误差
(0.56, 1.74)	(0.51, 1.75)	5.099
(0.95, 1.32)	(0.90, 1.40)	9.434
(1.24, 0.56)	(1.21, 0.60)	5
(1.89, 2.45)	(1.85, 2.41)	5
(2.31, 2.87)	(2.29, 2.84)	3.606
(0.84, 0.25)	(0.81, 0.21)	5
(1.44, 2.86)	(1.47, 2.93)	7.616
(2.04, 0.36)	(2.03, 0.42)	7.071
(2.26, 1.53)	(2.34, 1.59)	10
(0.36, 2.97)	(0.29, 2.98)	7.071

由此可见, 实际误差基本在 9 cm 以内, 部分点误差在 10 cm 以内。由于实验过程中标签与基站之间偶尔会出现遮挡物, 则造成一定测量误差。

3 结束语

本设计实现了对标签数据信息的实时监测, 同时实现数据可视化, 让使用者可以清晰明了的掌握所需信息, 为使用者提供更大的便利。但在测试过程中也发现些许不足, 传感器处于工作状态时, 组成测量区域内有金属等干扰源及过多障碍物出现, 会对测量结果产生一定影响。所以, 为尽量降低干扰, 提高测量准确率, 安装基站时一般应高于标签所处水平面位置。除此之外, 后期应优化算法, 软硬件配合共同提高使用精度。 (下转第 143 页)