

基于超宽带技术的高精度定位系统

High Precision Positioning System Based on Ultra-Broadband Technology

许健宏 冯九发 梁勇东 刘子文

Jianhong Xu Jiufa Feng Yongdong Liang Ziwen Liu

东莞理工学院 机械工程学院
中国·广东 东莞 523000
Dongguan Institute of Technology School of
Mechanical Engineering,
Dongguan, Guangdong, 523000, China

【摘要】在定位系统中, GPS 是最普遍的室外定位系统, 在室内受到很大限制。而现在室内最普遍的定位系统为超宽带技术定位, 具有高精度、复杂度低、抗干扰强等特点。基于 TDOA 算法与 DW1000 芯片搭建出三基站定位系统, 具有良好的精确性。

【Abstract】In the positioning system, GPS is the most common outdoor positioning system, indoor is very limited. At present, the most common indoor positioning system is ultra-broadband technology positioning, which has the characteristics of high precision, low complexity, strong anti-interference and so on. Based on TDOA algorithm and DW1000 chip, a three-base station positioning system is built, which has good accuracy.

【关键词】超宽带; 高精度; 定位系统

【Keywords】ultra-broadband; high precision; positioning system

【DOI】10.36012/etr.v1i4.673

1 引言

随着工业数字化时代的发展, 各个领域的定位精度要求越来越高, 可分为室内定位与室外定位。目前的定位方式主要有红外线定位、GPS 定位、WiFi 定位、蓝牙定位、超宽带定位 (Ultra Wide Band, 简称“UWB”)^[1], 其中, 超宽带定位相比其他 4 种定位方案具有穿透性强、功耗低、抗干扰能力高、能够实行高精度室内定位的特点。因此, 超宽带定位技术成为最常用的室内定位技术, 适用于化工工厂、整车仓库、工厂车间室内、隧道地铁等。

超宽带技术, 是一种新型无线通信技术, 对上升和下降时间的冲激脉冲进行直接调制, 是具有 GHz 量级的带宽, 采用纳秒级的非正弦波窄脉冲传输数据, 因此, 其所占的频谱范围

很宽。超宽带定位技术采用了宽带脉冲通讯技术, 具备极强的抗干扰能力, 减小定位误差。超宽带室内定位技术的出现很好地弥补了高精度室内定位领域的空白, 具有对信道衰落不敏感、发射信号功率谱密度低、低截获能力、系统复杂度低、能提供厘米级别定位精度的优点。

2 UWB 定位原理

UWB 定位技术包含 3 个重要元素, 即定位标签、定位基站、应用软件。^①定位标签, 也称有源标签, 即可做成不同的形态固定在被测物体或佩戴在人员身上, 在不同的环境中拥有多变性, 定位精度可达到 5~10cm, 标签发出的 UWB 脉冲信号通过定位基站接收与传输。^②定位基站, 即定位传感器, 可通过到达时检查 (TDOA) 测量技术来确定标签的位置, 并将数

据传输至网络控制器或定位引擎软件,定位精度达到厘米级别。③应用软件,体现为系统功能,基本功能包括定位标签分布、移动轨迹的显示、跟踪指定的标签、电子围栏等。

UWB 定位流程:①每个定位标签以 UWB 脉冲重读不间断发送数据帧;②定位标签发送的 UWB 脉冲串被定位基站接收;③每个定位基站利用高灵敏度的短脉冲帧测器测量每个定位标签的数据到达接收器天线的的时间;④定位引擎参考标签发送过来的校准数据,确定标签到达不同定位基站之间的时间差,并用三边定位技术及优化算法来计算标签位置;⑤单基站定位一般采用 AOA(Angle Of Arrival)算法,多基站定位一般采用 TDOA(Time Difference Of Arrival)算法。具体定位流程如图 1 所示。

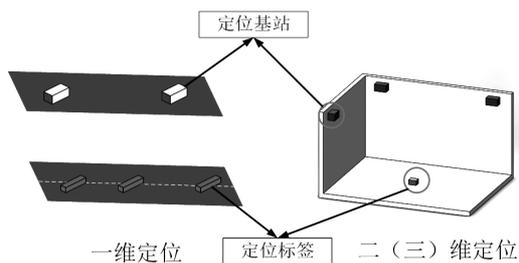


图 1 UWB 定位示意图

3 TDOA 算法

TDOA 定位是一种利用时间差进行定位的方法^[2],相比 TOA 算法有着较好的改进。通过测量定位标签发射的脉冲信号到达定位基站所用的时间,可以确定标签到基站的距离。

TOA 算法基于三边定位的思想,示意过程如图 2 所示。

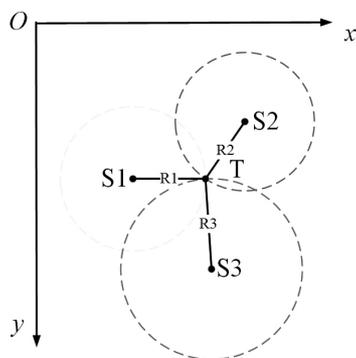


图 2 三边定位的数学模型

测量每个基站 S_i 到标签 T 的传输时间,则可得到距离 R_i ,并以 R_i 为半径作圆,所有圆的交点即标签的位置,该方法需要测得传输绝对时间。

$$R_i = C \cdot t_i \quad (1)$$

其中, R_i 为基站与标签的距离, C 为脉冲信号传输速度(电磁波传输速度为光速 $C=3 \times 10^8 \text{ km/s}$), t_i 为对应的传输时间。

由于绝对时间 t_i 较难测量, TDOA 算法通过比较脉冲从标签到基站的绝对时间差,以基站为焦点,距离差为长轴的双曲线,双曲线的交点就是标签位置,如图 3 所示。

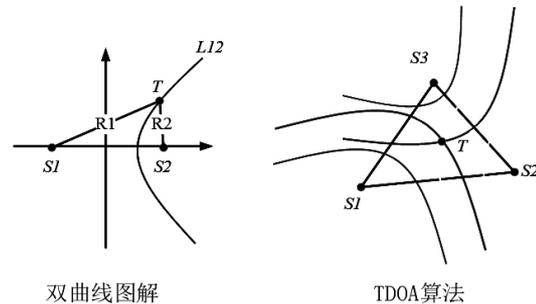


图 3 TDOA 算法图解

设标签点的坐标为 (x, y) , 根据到达时间差获得 TDOA 方程为:

$$\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2} - \sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2} = c(t_1-t_2) \quad (2)$$

$$\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2} - \sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2} = c(t_1-t_3) \quad (3)$$

$$\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2} - \sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2} = c(t_2-t_3) \quad (4)$$

4 定位误差

在信道模型中,存在非视距模型(Non Line Of Sight,简称“NLOS”)与视距模型(Line Of Sight,简称“LOS”)。当标签与基站之间没有遮挡时,传播方式为直线传播,此时为 LOS;当标签与基站的传播不为直线时,为 NLOS,如图 4 所示。

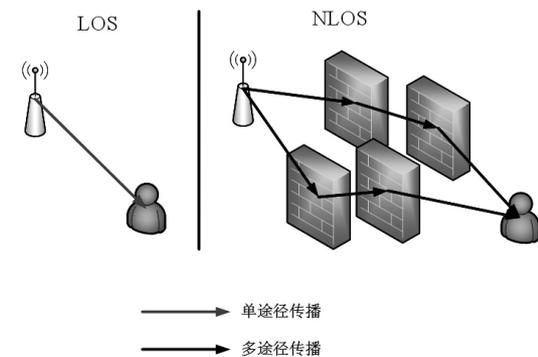


图 4 信道模型

当传播路径为多途径传播时,信道模型为 NLOS,中间有建筑、植被等遮挡,除了传播过程中的衰减,信号还有反射、衍射、穿透损耗现象。减小 NLOS 传播的影响有两种方法,一种是降低非线性最小系统的 NLOS 的测量值权重,另一种是通过 TDOA 测量值的标准差对 LOS 与 NLOS 传播进行区别。

5 实验

实验基于 DW1000(Deca Wave)产品进行^[4],DW1000 芯片采用超宽带技术,为单片无线接收发射芯片,实物如图 5 所示。



图 5 DW1000 实物

DW1000 的测距方式采用 SS 测距(Single-sided Two-way Ranging)与 DS 测距(Double-sided Two-way ranging)。基于此硬件,测试 UWB 定位中 TDOA 算法的稳定性。

在实验中,采用了 UWB 超宽带三基站定位系统,如图 6 所示,包含 3 个定位基站与 1 个定位标签,并使基站与标签均位于同一平面内。



图 6 系统实物

上位机界面如图 7 所示。

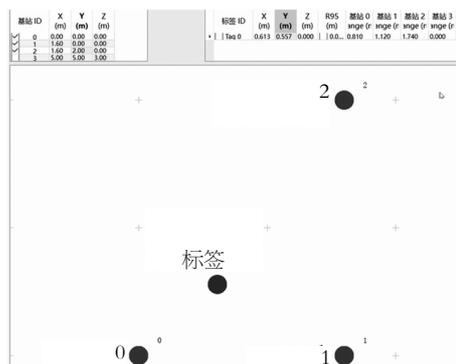


图 7 上位机界面

其中,系统实物与上位机界面映射关系为:0-0,1-1,2-2、标签-标签。基站与标签的坐标位置均可从上位机中读取。

在测试实验中,选取若干组点(等间距分布)进行实验,测得点坐标真实值与估计范围的数据如表 1 所示。

表 1 实验数据

序号	真实值(x,y)	估计范围	点中位误差 m
1	(0.4,0.8)	(0.36~0.41,0.7~0.76)	0.1077
2	(0.4,1.6)	(0.37~0.41,1.62~1.65)	0.058
3	(0.4,2.4)	(0.45~0.5,2.28~2.39)	0.1562
4	(0.8,0.8)	(0.78~0.82,0.76~0.8)	0.0447
5	(0.8,1.6)	(0.81~0.84,1.53~1.57)	0.0806
6	(0.8,2.4)	(0.84~0.91,2.2~2.3)	0.2283
7	(1.2,0.8)	(1.19~1.2,0.7~0.75)	0.1005
8	(1.2,1.6)	(1.20~1.21,1.47~1.55)	0.1304
9	(1.2,2.4)	(1.16~1.19,2.25~2.35)	0.1552

在上位机界面中,三个基站的坐标分别为:基站 0 (0.00,0.00)、基站 1(1.60,0.00)、基站 2(1.60,2.00)。其中,真实值(x,y)以基站 0、1 建立的坐标系的坐标实际值,利用米尺在实验环境(见上图 6)测得;估计范围(\hat{x},\hat{y})从上位机界面读取的对应标签估计坐标值;点中位误差 Δs 可反映坐标点估计值与真实值的误差大小。 $\Delta s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, Δx 为 x 坐标的最大偏差, Δy 为 y 坐标的最大偏差。

通过上表可看出实验数据误差范围为 0.0447~0.2283m。虽然该实验平台具有良好的精确性,但仍然存在偏差,可通过优化滤波算法与减弱干扰来提高其定位的精确性。

6 结语

论文介绍了一种基于超宽带技术(UWB)的高精度定位系统,实现定位基站与定位标签的数据传输,其核心原理为 TDOA 算法,精确性也受环境因素与算法稳定性的影响。以 DW1000 组成的三基站定位系统为实验平台,验证了 UWB 定位技术的可实现性。

参考文献

- [1]杨狄,唐小妹,李柏渝,等.基于超宽带的室内定位技术研究综述[J].全球定位系统,2015(5):34-40.
- [2]郭华.TDOA 定位技术的基本原理和算法[J].西安邮电学院学报,2007,12(1):19-24.
- [3]杨路英.TDOA 定位技术及其误差分析[J].广东通信技术,2005,25(9):56-59.
- [4]V.Djaja-Josko,J.Kolakowski and J.Modelski.TDOA estimation using a pair of synchronized DW1000 based anchor nodes[C].2018 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON),Poznan,2018.