

基于神经网络的 UWB 室内定位算法^①

李俊唐¹, 缙纯良², 何 兴²

1. 国家电网重庆永川供电分公司, 重庆 永川 402160; 2. 西南大学 电子信息工程学院, 重庆 400715

摘要: 定位技术的迅速发展, 使它渗透到了人们的生产生活中, 因此, 对定位技术的完善和提升变得尤为重要. 一些传统定位技术, 如红外线、超声波、蓝牙、RFID 等, 由于室内环境的复杂性, 导致定位精度有所损失. UWB 作为一种无载波通信技术, 其诸多优点可以使它在视距传输中获得良好的定位效果, 但是实际环境中的非视距传输, 会使其受到影响而产生误差. 采用 TOA 定位方法, 辅以神经网络算法, 可在寻求优化解的过程中不断减小误差, 实验仿真表明, 该算法在复杂的室内传输中具有较高的定位精度.

关键词: 神经网络; UWB; TOA; 定位

中图分类号: TN915.142

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)06-0116-05

随着科技水平的不断提高, 定位系统需求变得更加迫切^[1], 尤其是具有实时性和高精度的室内定位技术. 红外线、蓝牙、超声波等这些传统的室内定位技术^[2]对较为复杂的环境不能获得较高的定位精度, 实时跟踪也无法保证. 超带宽(Ultra Wide Band, UWB)技术是一种无载波通信技术, 利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据^[3], 相比于传统的窄带技术, 它具有收发信号简单、成本低、功耗低、抗干扰能力强等优点^[4], 能在视距(Line of Sight, LOS)和环境复杂性较低的情况下获得良好的定位效果. 但是室内情况复杂, 非视距(Non-Line of Sight, NLOS)传输会导致定位性能下降, 本文拟采用神经网络算法^[5]来减少或消除误差, 以提高复杂环境下的定位精度.

1 室内 UWB 定位分析

对于不同的无线定位系统来说, 其实现对目标定位的方法和技术大体一致: 通过测量接收信号中的某些特征值, 如时间、信号强度、角度等, 再采用相关算法来实现对目标的定位^[6]. 常用的定位算法有圆周定位、双曲线定位、方位角测量定位、混合定位等.

本文中采用的是圆周定位(TOA)方法^[7], 它是通过对多径信号的 UWB 路径进行时延估计, 测得定位基站与目标之间的距离, 利用几何算法来实现定位的一种方法. 在测量无误差的情况下, 假设基站到目标的距离为 R_i , 那么根据几何原理易知, 待测目标在以半径为 R_i 的圆周上. 若基站大于 3 个, 那么待测目标一定在他们的唯一交点(图 1). 但是实际情况下, 由于室内传输情况复杂, 伴随一定的误差, 它们的相交情况是一块区域(图 2)而非一个点. 所以如何减小误差, 使该区域不断缩小, 是本文要探索和解决的重点.

2 神经网络模型及定位算法

2.1 建模分析

由于 UWB 在复杂的室内环境下会受到障碍物的干扰而产生误差, 使得待测目标不在 TOA 圆的交点,

① 收稿日期: 2017-09-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61403313); 国网永川供电公司项目(SGCQYROOBGJS1700171).

作者简介: 李俊唐(1986-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事微网优化研究.

而是交界区域(图 2). 为了使该区域尽量减小(即减小误差), 我们通过神经网络算法来求解, 通过求取得待测目标到基站的最优距离, 来实现缩小目标误差.

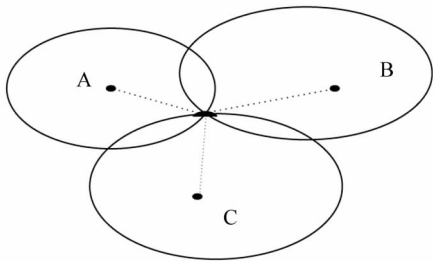


图 1 LOS 传输下 TOA 测距估计

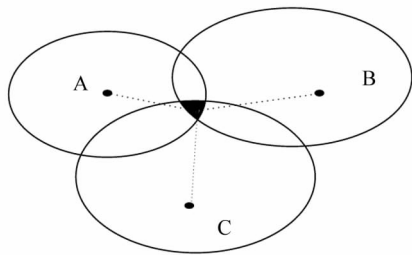


图 2 NLOS 传输下 TOA 测距估计

神经网络模型:

$$\min f(x) = (\sqrt{(x-x_a)^2 + (y-y_a)^2} - d_a)^2 + (\sqrt{(x-x_b)^2 + (y-y_b)^2} - d_b)^2 + (\sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2} - d_c)^2 \quad (1)$$

式中, (x, y) 是待测目标的坐标值; (x_a, y_a) , (x_b, y_b) , (x_c, y_c) 代表基站 A、B、C 的坐标值; d_a, d_b, d_c 表示待测点分别到基站 A、B、C 的实际距离.

约束条件为

$$s. t. \begin{cases} \sqrt{(x-x_a)^2 + (y-y_a)^2} \leq d_a \\ \sqrt{(x-x_b)^2 + (y-y_b)^2} \leq d_b \\ \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2} \leq d_c \\ x_{\max} \geq x \geq x_{\min}, y_{\max} \geq y \geq y_{\min} \end{cases} \quad (2)$$

利用神经网络算法模型来求解定位问题, 优化解的寻求过程就是误差减小的过程.

2.2 定位算法

室外基于蜂窝网的无线定位技术已经发展得相对成熟, 其中 TOA 定位方法也可以适用于室内 UWB 定位技术, 利用纳秒级信号传输特性完成定位性, TOA 定位方法常用的两种算法包括 CHAN 算法和 Taylor 算法.

2.2.1 CHAN 算法

CHAN 算法^[8]是一种关于双曲线定位(TDOA)的方法, 其通过两次使用最小二乘算法来获得有关定位的非线性方程组的非迭代闭式解, 在障碍物较少的传输环境中, CHAN 算法定位可以得到较好的精确度.

2.2.2 Taylor 算法

Taylor 算法也是一种求解非线性方程较好的算法^[9], 该算法的优点是定位精度高, 但迭代中的初始值与真实值误差较大时, 会导致局部最小化产生, 使算法无法迭代, 这也是其最主要的缺陷. 由于室内情况复杂, 使得定位信号产生 NLOS 传输, 传统的 CHAN 算法和 Taylor 算法会产生较大误差, 导致定位精度受到严重影响.

2.2.3 神经网络投影算法

由于室内传输既有 LOS, 又有 NLOS, 所以传统的 CHAN 算法和 Taylor 算法会带来很大误差, 不宜使用. 利用 UWB 定位的特性和以上神经网络模型, 我们采用投影神经网络算法来求解^[10], 算法如下:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -(x - P_n[x - \nabla f(x) - \nabla g(x)^T \bar{\lambda}]) \\ \frac{d\lambda}{dt} &= -(\lambda - [\lambda + g(x)]^+)/2 \end{aligned} \quad (3)$$

其中, $g_i(x)$ 代表该模型的约束条件.

设 $f(x): R^n \rightarrow R$ 与 $g_i(x), i=1, \cdots, s$ 是严格凸二次可微函数, 则神经网络式(3)满足 Lyapunov 稳定. 特别地, 当问题式(1)有最优解时, 神经网络是全局渐进稳定的^[11], 即采用 TOA 定位方法, 所有圆周将交于一点(待测目标坐标点).

3 神经网络算法及实验仿真

本实验模拟了真实的室内传输过程, 采用第二节介绍的 3 个基站来实现定位, 实验过程中, 我们增加了一些障碍物来使实验结果更加贴近实际生产过程. 下图是模拟室内环境下 UWB 基站工作和测量图.



图 3 UWB 基站工作图



图 4 室内 UWB 测量图

为了使实验更具有说服力, 我们分别测量了 6 组不同的实验数据(图 5), Anchor0、Anchor1、Anchor2 分别表示基站 A、B、C 的坐标. 仿真结果(图 6)可以看出待测目标值(x, y)基本趋于稳定.

基站	测量值				
	Anchor0	Anchor1	Anchor2	x	y
组1	3.484	6.522	6.220	3.5044	0.167
组2	3.005	2.715	6.887	0.256	2.944
组3	4.490	4.391	4.004	3.037	2.658
组4	7.093	6.893	2.514	6.398	3.086
组5	6.551	3.303	2.285	3.2751	5.6
组6	4.159	6.158	5.932	3.8892	0.5697

图 5 实验测量数据

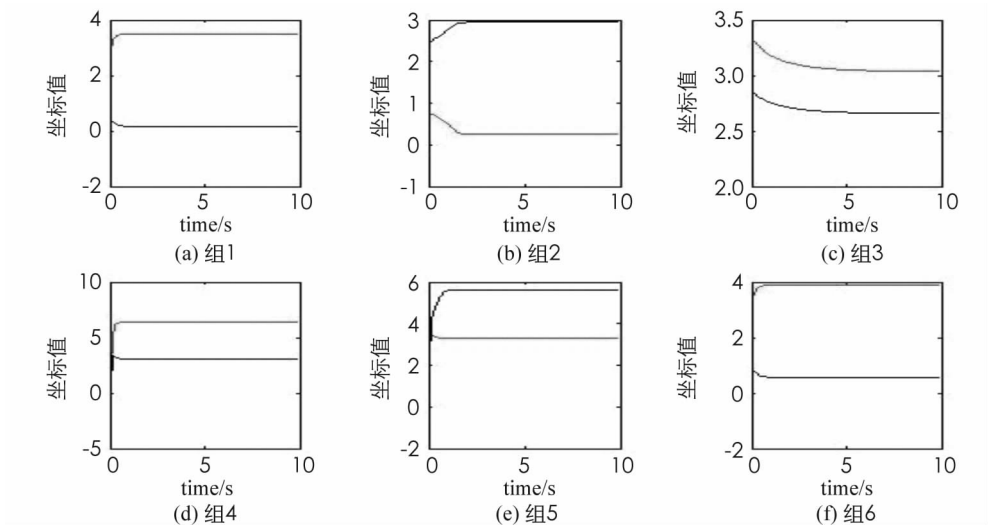


图 6 实验测量数据仿真图

实验测量结果表明, 由于室内情况复杂, 障碍物繁多, 实验测量值与真实值(图 7)存在微小误差, 但该误差在可以允许的范围之内. 在理想环境下, 目标的求解坐标在可控的误差范围之内且与实际坐标基本相等(图 8). 该实验表明, 神经网络算法可以减少信号传输过程中产生的误差, 定位精度高、实时跟踪性强.

		真实值				
组别	基站	Anchor0	Anchor1	Anchor2	x	y
组1		3.300	6.500	6.500	3.300	0.000
组2		2.800	2.800	7.169	0.000	2.800
组3		4.328	4.328	4.328	3.300	2.800
组4		7.169	7.169	2.800	6.600	2.800
组5		6.500	3.300	3.300	3.300	5.600
组6		4.300	6.900	5.900	4.300	0.200

图 7 实验真实数据值

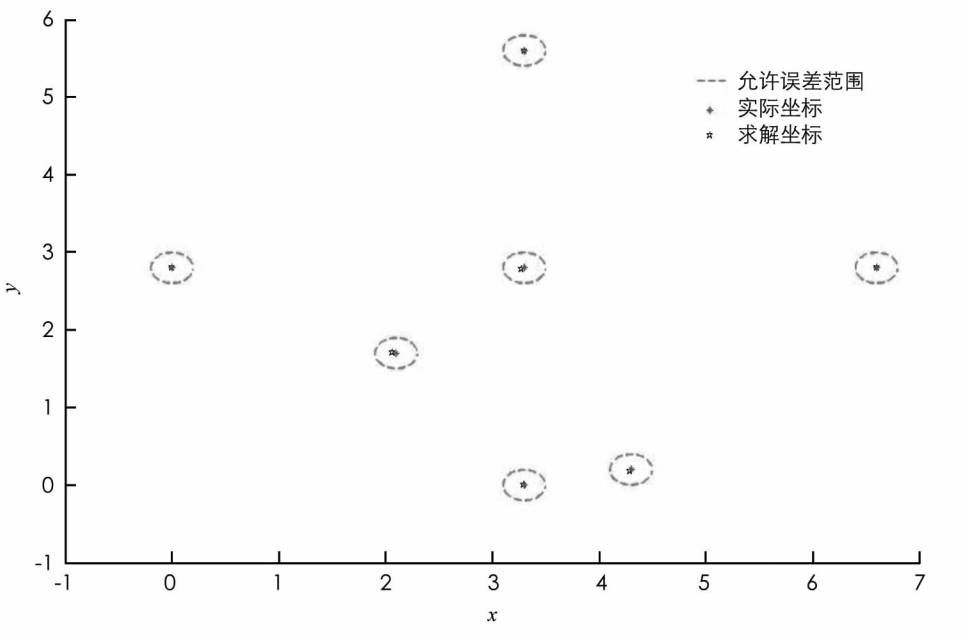


图 8 真实数据仿真图

4 结束语

基于神经网络的 UWB 定位算法, 利用优化求解的特性来减小误差, 使其适用于室内 NLOS 传输环境. 仿真结果表明, 该定位算法可以有效地降低信号非视距传输过程中的定位误差, 提升定位精度. 同时神经网络算法具有模型简单、收敛速度快等优点, 优于传统的定位算法, 在定位领域具有广阔前景.

参考文献:

[1] SUSKI W, BANERJEE S, HOOVER A. Using a Map of Measurement Noise to Improve UWB Indoor Position Tracking [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2013, 62(8): 2228—2236.

[2] ARIAS-DE-REYNA E. A Cooperative Localization Algorithm for UWB Indoor Sensor Networks [J]. Wireless Personal Communications, 2013, 72(1): 85—99.

[3] LASSABE F, CANALDA P, CHATONNAY P. Indoor Wi-Fi Positioning: Techniques and Systems [J]. Annals of Telecommunications, 2009, 64(9): 651—664.

[4] 李会勇, 高昕艳, 徐政五. UWB 在室内高速无线传输中的应用研究 [J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(6): 604—607.

[5] 潘晓明, 杨绪君, 李传东. 时滞分数阶神经网络的稳定性分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(5):

168—173.

[6] 屠晓东. 基于 UWB 信号的多基站与单基站定位算法的研究与性能分析 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.

[7] 田孝华, 廖桂生. 一种有效减小非视距传播影响的 TOA 定位方法 [J]. 电子学报, 2003, 31(9): 1429—1432.

[8] CHAN Y T, HO K C. A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1994, 42(8): 1905—1915.

[9] FOY W H. Position-Location Solutions by Taylor-Series Estimation [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1976(2): 187—194.

[10] YANG Y, Cao J. Solving Quadratic Programming Problems by Delayed Projection Neural Network [J]. IEEE Transactions on Neural Network, 2006, 17(6): 1630—1634.

[11] YANG Y Q, XU X Y, ZHU D Q. The Neural Network for Solving Convex Nonlinear Programming Problem [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006, 4113: 494—499.

Application of Neural Dynamic Algorithm for Ultra Wide Band Indoor Positioning Systems

LI Jun-tang¹, GOU Chun-liang², HE Xing²

1. State Grid Chongqing Yongchuan Power Supply Company, Yongchuan Chongqing 402160, China;
2. College of Electronic and Information Engineering, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: The indoor positioning technologies are developing rapidly as the requirements of people are changing constantly. However, traditional positioning technologies, like infrared, ultrasound, Bluetooth and RFID, cannot play a significant role in real-time indoor positioning. Ultra wide band indoor positioning technology, a non-carrier communication technology, is used in line-of sight transmission research for its many advantages. To address the errors induces by the obstacles in non-line-of-sight transmission, this paper proposes the neural dynamic algorithm to optimize the indoor positioning problem. The simulation results also show that the proposed algorithm can obtain high positioning accuracy in complex indoor transmission environment.

Key words: neural dynamic algorithm; ultra wide band; time of arrival; indoor positioning

责任编辑 汤振金