

文章编号: 2095-2163(2020)11-0177-03

中图分类号: TN925

文献标志码: A

基于有向天线和 RSSI 的蓝牙无线定位基站设计

杨小青

(山西建筑职业技术学院 计算机工程系, 山西 晋中 030619)

摘要: 现有的低功耗蓝牙定位系统, 通常采用传统的指纹三边测量法, 在需要定位的区域布设大量信标节点, 而且定位匹配指纹向量的采集需要耗费大量人力和时间。为了降低网络布设的人力成本、缩减基站节点布设密度和提高测量精度, 本文设计了一种基于有向天线和 RSSI 技术的无线蓝牙定位基站。文中首先介绍了系统的硬件构成, 并且对天线性能进行了 HFSS 仿真分析, 设计了基站定位软件算法, 实现了信号到达角 AoA 和距离的判定。实验结果表明: 该设计不仅提高了蓝牙定位系统精度, 而且极大地简便了定位网络的安装、调试和维护。

关键词: RSSI; 有向天线; 蓝牙定位; 信号达到角

Design of BLE Wireless Locating Beacon Based on Directional Antenna and RSSI Value

YANG Xiaoqing

(Department of Computer Engineering, Shanxi Architectural College, Jinzhong Shanxi 030619, China)

[Abstract] The current BLE locating system, is usually achieved by the traditional fingerprinting triangulation method, a large number of beacon nodes are located in the area where positioning is required, and it needs a lot of manpower and time to collect matching fingerprint vectors for every position, in order to reduce labor cost and intensity of beacon nodes during network deployment, as well as improve positioning accuracy, a wireless BLE locating beacon based on directional antenna technology and RSSI is designed. First the system hardware structure was introduced and the antenna performance analyzed with HFSS, then beacon positioning algorithm was designed to realize the signal AoA and distance. At last, experiment results showed that this design improved the accuracy of positioning as well as simplified network installation and maintenance.

[Key words] RSSI; Directional antenna; BLE locating; AoA

0 引言

精准定位是无线传感器工作效率的重要指标之一, 主流的无线定位技术主要基于测距算法和测角算法。测距算法的核心技术是测量各节点间的距离、信号强度。常用的定位算法有三边测量法、三角测量法以及最大似然估计等。三边测距技术包括: 接收信号强度 RSSI(received signal strength indication)测量法、到达时间 ToA(time of arrival)测量法; 而测角算法的思想是通过信号相位信息或多输入多输出天线, 计算信号达到角 AoA(angle of arrival)进行定位^[1]。目前蓝牙定位系统广泛采用指纹法, 该方法网络布设简易, 但指纹采集需要耗费较大人力和较多时间^[2]。为此, 本文设计了基于有向天线和 RSSI 的蓝牙无线定位基站。

1 总体结构

蓝牙定位基站设计思想及总体结构如图 1 所示。

蓝牙无线定位基站的成功实现, 关键在于信号

的测量及准确获取, 使用四根定向天线, 与水平面的定向角度分别为 0°、90°、180°、270°, 通过不同方向的天线, 增强信号接收能力, 并通过各方向信号的接收增益能力来获取角度分辨率; 中心处使用一根全向鞭状天线来获取均匀的空间增益, 对接收到的信号强度辅助判定广播定位节点的距离。

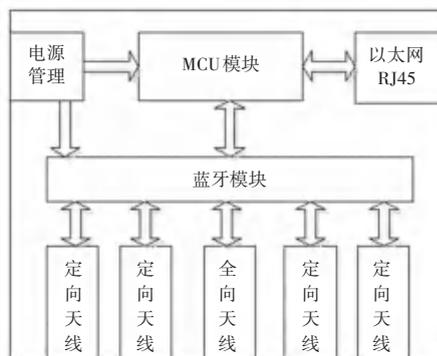


图 1 蓝牙定位基站结构图

Fig. 1 Diagram of BLE locating structure

蓝牙模块选择符合 BLE4.0 协议的低成本、低功耗

作者简介: 杨小青(1990-), 女, 硕士, 助教, CCF 会员(E8799M), 主要研究方向: 计算机应用技术。

收稿日期: 2020-08-29

耗的 CC2541 芯片;广播接收模式选择私有模式^[3]。与传统标准协议相比,此模式广播频率高、接收 RSSI 值更稳定。对于 MCU 模块,考虑到需要接收蓝牙模块 UART 接口传递的 RSSI 值,所以选择 STM32F1 系列实现定位算法,并以极坐标的形式通过 RJ45 接口汇总至服务器平台,供前端用户进行位置展示。

2 天线设计

2.1 定向天线

定向天线的性能要求较强的方向增益、较低的主瓣宽度、较高的前后比等等。设计分别与水平面成 0° 、 90° 、 180° 、 270° 方向的 4 根定向天线实现方向识别。

针对 2.40 GHz~2.48 GHz 蓝牙频段,运用八木天线原理,设计一款小尺寸平板 PCB 增益天线^[4]。利用主流仿真软件 HFSS 建模,并进行增益、辐射方向图等指标分析^[5]。本设计中使用的 PCB 八木天线尺寸为 $120\text{ mm} \times 100\text{ mm}$,FR4 基板材质厚度 1 mm,实现与蓝牙模块连接使用 $50\ \Omega$ 的 SMA 接头和同轴馈线。

3D 辐射增益图如图 2 所示。其中 YOZ 面的二维平面增益如图 3 所示。实验过程中该天线的定向辐射性能较好,定向增益可达 12 dB,水平主瓣波束宽度 45° ,进一步结合算法可以实现准确的信号测向。

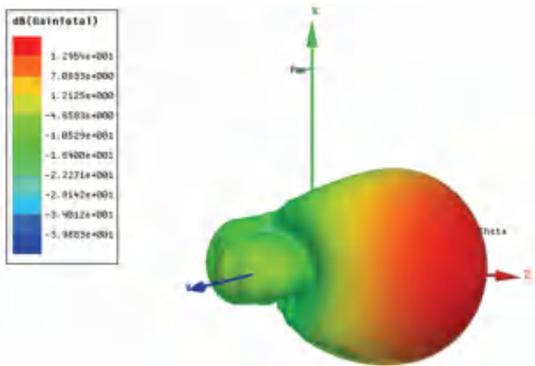


图 2 3D 辐射增益图

Fig. 2 3D gain radiation pattern

2.2 全向天线

全向天线广泛应用于无线通信领域,因其在水平面上全方向的均匀辐射特性、价格低廉的特点,本设计使用一根 2.4GHz 具有 4dBi 增益的全向鞭状天线,利用全向天线接收的信号强度辅助进行距离判定。

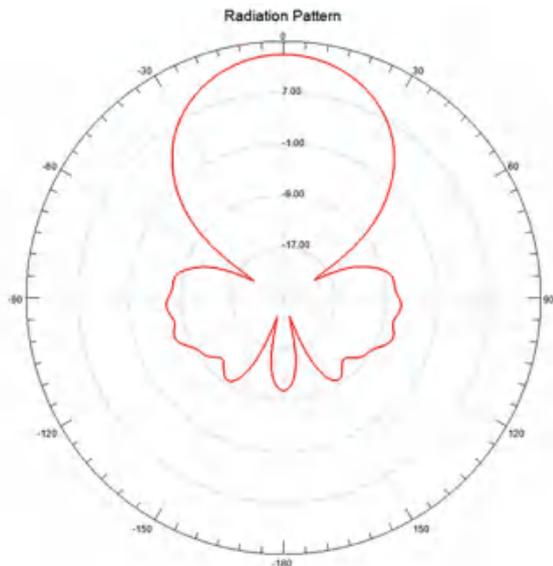


图 3 天线 YOZ 面增益辐射曲线图

Fig. 3 YOZ plane gain radiation pattern

3 算法设计

3.1 广播节点的距离估计

实验中利用全向天线接收的信号强度,估计蓝牙广播设备和定位基站的距离。主流的无线信号传播模型包括 Shadowing 模型、双径地面反射等模型,本设计中采用的是 Shadowing 模型^[6],该模型为:

$$RSSI_d = RSSI_{d_0} + 10n * \lg \frac{d}{d_0} + X_\sigma \quad (1)$$

其中, $RSSI_d$ 为接收到的信号强度; d 为收发端的实际距离; d_0 为参考距离; $RSSI_{d_0}$ 是距离为 d_0 时的信号强度; n 为信道衰减指数(由传输环境决定); X_σ 是方差为 σ 、均值为 0 的高斯随机变量。

利用蓝牙广播手环进行周期广播,当蓝牙手环与定位基站距离不同时,准确测量全向天线接收到的信号强度,对数拟合后计算 RSSI 值的公式为:

$$RSSI = -30.2 \lg d - 51.4 \quad (2)$$

不同距离对应的信号强度关系曲线如图 4 所示。

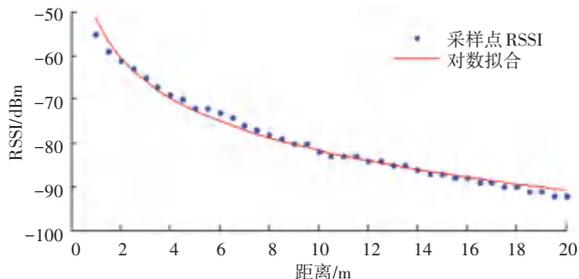


图 4 RSSI 值与距离关系图

Fig. 4 Relationship between RSSI and distance

3.2 广播节点的 AoA 角度估计

本设计 AoA 角度估计使用四信道比幅测向法。

其基本原理为：使用 4 个定向天线、4 个蓝牙接收模块和 1 个信号处理模块组成，可实现 360° 全向测量。通过比较相邻通道天线波束接收同一信号的幅度，来确定广播节点的角度信息^[7]。

从比幅测向系统的原理分析可以看出，角度测量校正必不可少^[8]。将蓝牙定位基站置于转台，精确控制转台角度，在一定距离外利用位置固定的蓝牙广播手环向定位基站进行信号广播；按固定采样时间和固定转动角度增量，对广播信号进行采集和存储，并测量 RSSI 值及各方向的幅度差，最终得到 RSSI 幅度差值和角度 AoA 的数据表。在实际使用中，已知广播区间和 RSSI 幅度差，即可以查找对应角度值。经过测算，得到 $\Delta\text{RSSI}-\text{AoA}$ 的曲线如图 5 所示（其中 A12 表示天线 A1、A2 的接收信号 RSSI 差值）。

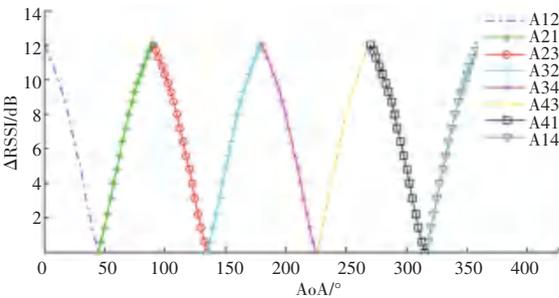


图 5 各区间天线组 ΔRSSI 与 AoA 关系图

Fig. 5 Relation between Antenna pair ΔRSSI and AoA

4 实验结果分析

为验证本设计的定位精度与性能，选取空旷环境进行实验。被定位节点使用一枚蓝牙广播手环，距离地面 1.5 m 位置，使用三脚架固定蓝牙定位基站，定位手环在距离定位基站分别为 8 m、15 m 距离的圆周上进行验证，结果如图 6 所示。

由测试结果可以得出，本蓝牙定位基站定位误差在 1.5 m 左右。与现存蓝牙定位方案相比，在保证同等的定位精度下，极大地减少了定位基站布设数量，具有以太网接口进行数据传输至服务器，免除了指纹采集等复杂的工作，增强了网络布设简便性、

提高了网络的可维护性。

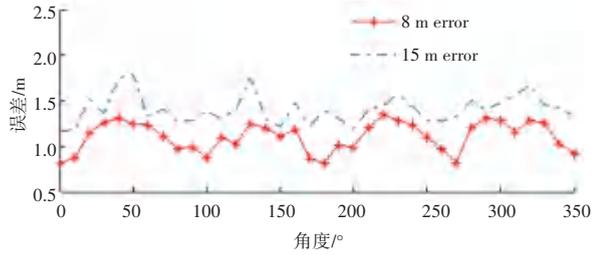


图 6 8 m 和 15 m 时定位测试精度

Fig. 6 Location accuracy of 8 and 15 meters away

5 结束语

蓝牙无线定位基站的成功实现关键在于信号的测量及准确获取。本文基于此设计了一种基于有向天线和 RSSI 技术的无线蓝牙定位基站，并对系统硬件选择进行介绍，对天线性能进行仿真分析。利用全向天线接收的信号强度辅助进行距离判定，实现了信号到达角 AoA 和距离的判定。实验结果表明，该设计实现的定位误差小，同时提高了蓝牙定位系统精度，而且极大地简便了定位网络的安装、调试和维护，降低了网络布设的人力成本。

参考文献

- [1] 陶佳峰, 杨晓洪. 基于 RSSI 的室内测距模型优化技术[J]. 传感器与微系统, 2017, 36(1): 24-26
- [2] 姚震洋. 基于低功耗蓝牙的位置指纹定位技术研究[D]. 陕西西安: 西安电子科技大学, 2015
- [3] CC2541 System-on-Chip Solution for 2.4GHz Bluetooth low energy Applications. [EB/OL]. <http://www.ti.com.cn/product/cn/CC2541>
- [4] Davi Correia, Antonio J. M Soares. Optimization of gain impedance and bandwidth in Yagi-Uda antennas using genetic Algorithm[J]. IEEE Mitomc Proceedings, 1999
- [5] 徐幸福. HFSS 射频仿真设计实例大全[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015
- [6] 朱明辉, 张会清. 基于 RSSI 的室内测距模型的研究[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(8): 19-22.
- [7] CHEN H C, LIN T H, KUNG H T, et al. Determining RF angle of arrival using COTS antenna arrays: A field evaluation [C]// Military Communications Conference, IEEE, 2013.
- [8] 吴自新, 王超. 一种四信道比幅测向校正方法[J]. 电子测量技术, 2013, 36(6): 64-67

(上接第 176 页)

面贯通和优化，形成了可闭环、可联动、可监督、可配置、可扩展的信息系统运维管理平台。该平台所包含的运维管理理念和管理流程满足了该企业在信息系统运维管理上的实际需求，达到了运维管理体系化、手段信息化、业务流程化、流程规范化、过程精细化、数据结构化的预期，具有较强的实用价值。

参考文献

- [1] 李峰. 基于普元平台的大对象数据应用研究[J]. 智能计算机与

应用, 2015, 5(1): 21-24.

- [2] 贾向炜, 徐菲, 徐默, 等. 基于普元 EOS 平台的信息库的设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(31): 40-43.
- [3] 宋晓燕, 刘小棠, 步腾龙. 基于 EOS 的科研项目管理系统设计与实现[J]. 计算机与网络, 2016(24): 62-65.
- [4] 李峰. 基于普元平台的审批流程通用化设计[J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(6): 209-211.
- [5] 丁振凡, 费钧, 宋岚. 基于工作流的固定资产管理平台设计与实现[J]. 华东交通大学学报, 2014, 31(5): 106-107.
- [6] 未红霞, 王书海, 慕朝晖, 等. 工作流技术在工程项目合同审批中的应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(8): 155-157.