

融合RSSI与GPRS的无线设备管理定位技术研究

张金晶

上海农林职业技术学院, 智慧农业工程系, 上海

收稿日期: 2024年9月28日; 录用日期: 2024年10月31日; 发布日期: 2024年11月12日

摘要

本文深入探讨了融合RSSI (Received Signal Strength Indication)与GPRS (General Packet Radio Service)的无线设备管理定位技术。通过对RSSI定位原理、GPRS技术特点以及融合技术的可行性分析,设计了一种新型的无线设备管理定位系统。经过实验验证,该融合定位技术能够显著提高无线设备的定位精度和数据传输性能,为无线设备管理提供了可靠的解决方案。

关键词

RSSI, GPRS, 无线设备管理, 定位技术

Research on Wireless Device Management Localization Technology by Integrating RSSI and GPRS

Jinjing Zhang

Department of Intelligent Agriculture Engineering, Shanghai Vocational College of Agriculture and Forestry, Shanghai

Received: Sep. 28th, 2024; accepted: Oct. 31st, 2024; published: Nov. 12th, 2024

Abstract

This paper discusses the wireless device management positioning technology that integrates RSSI (Received Signal Strength Indication) and GPRS (General Packet Radio Service). By analyzing the principle of RSSI positioning, the characteristics of GPRS technology and the feasibility of the fusion technology, a new type of wireless device management positioning system is designed. After

experimental verification, the fusion positioning technology can significantly improve the positioning accuracy and data transmission performance of wireless devices, providing a reliable solution for wireless device management.

Keywords

RSSI, GPRS, Wireless Device Management, Positioning Technology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着 20 世纪 90 年代末短程无线技术和标准的出现, 各种室内外无线定位技术得到了发展。基于摄像头、红外、无线局域网(WLAN)、超宽带(UWB)、蓝牙、射频识别(RFID)的室内定位技术已经广泛出现, 而全球定位系统(GPS)技术彻底改变了室外定位。尽管基于 GPS 的定位技术在精度方面很有吸引力, 但它们在大都市环境中的覆盖范围受到了损害, 并且缺乏经济高效的可扩展解决方案, 这使得基于 IEEE802.15.4 RSSI 的定位算法得以广泛应用[1]。这一技术比蓝牙、UWB 和 Wi-Fi 具有优势, 因为它们具有能源效率和支持大范围通信和网状网络的能力[2]。

Z. Farid 和 M. Allen 针对不同类型的应用开发了定位技术, 并在准确性、覆盖范围、成本、响应性和对环境变化的适应性方面进行了比较[3][4]。虽然激光和基于摄像头的技术在覆盖范围方面具有较好的准确性和扩展性, 但它们通常过于昂贵, 无法用于大型环境应用。特别是对于大型户外应用, 如农业环境, 需要一种经济高效、可扩展和快速的定位技术, 该技术对季节性环境变化(如生长季节变化)具有鲁棒性。另一方面, 由于相对较高的节点间距离对应于测量特征的距离相关性, 因此精度要求通常较低。

基于信道传播 BP 的技术容易受到循环图的影响, 这些循环图导致它们要么根本不收敛, 要么仅在循环数特定情况下收敛[5]。因此, 这些技术主要用于以下场景: 一些缓慢移动或静止的节点以及相对较高数量的节点, 并且都配备了短程发射机, 呈现统计图生成树或具有很少数量的循环。这些技术的另一个缺点是需要来自距离测量的全局信息, 以便形成统计图并开始运行算法。这两个原因能实现相对较高的精度, 但是过程中使用多跳通信来形成生成树或统计图大量的通信信息。A. N. D'Andrea 讨论了节点仅与其相邻节点交换信息, 然而, 由于该过程要求到达更新节点的路径独立, 因此生成具有指定为基站节点的生成树以及保持路径跟踪的其他节点所需的通信和计算开销仍然有效[6]。相比之下, 在精准农业应用中, 发射功率水平较高以及与 AODV 的通信过程一起运行的底层 IEEE802.15.4 无线传感器网络带来了相对较多的连接未知节点, 需要一种实时算法, 该算法依赖于本地通信信息, 不受网络中环路的影响[7][8]。

学者们投入了大量精力研究 RSSI 定位技术。他们通过对不同环境下无线信号传播模型的分析, 不断改进 RSSI 定位算法, 以提高定位精度[9]。例如, 在复杂的室内环境中, 研究人员利用多径传播模型和信号衰减模型, 结合机器学习算法对 RSSI 值进行处理, 从而更准确地确定无线设备的位置[10]。并针对不同的应用场景, 如室内定位、矿井定位、智能家居等, 开展了深入的研究。通过对 RSSI 值的采集和分析, 结合指纹定位、三边定位等算法, 不断提高定位精度和稳定性[11]。

还有学者们利用 GPRS 的广域覆盖特性, 结合卫星定位系统(如 GPS), 为移动设备提供实时定位服务。同时, 通过优化 GPRS 网络的数据传输和处理能力, 提高定位的时效性和可靠性[12]。

目前, 已有一些研究尝试将 RSSI 与 GPRS 技术融合。这些研究主要集中在融合算法的设计和系统性

能的优化方面[13]-[15]。学者们尝试将 RSSI 技术在短距离内的高精度定位优势与 GPRS 技术的广域覆盖能力相结合,为无线设备管理提供更全面的定位解决方案[16]。例如,在物流领域,通过在货物上安装配备 RSSI 和 GPRS 模块的设备,可以实现对货物在运输过程中的实时跟踪和定位,提高物流管理的效率。然而,在融合算法的准确性、系统稳定性等方面仍有待进一步改进[17][18]。例如,一些融合算法在复杂环境下的定位精度不高,或者在数据传输过程中容易出现丢包等问题[19][20]。

2. 相关理论

2.1. RSSI 定位原理

2.1.1. RSSI 信号特征及测量方法

RSSI 是指接收信号强度指示,它反映了无线信号在传播过程中的衰减程度。RSSI 的值与信号源与接收端之间的距离、发射功率、天线增益等因素有关。在实际应用中,可以通过无线传感器网络中的节点直接测量接收信号的强度,也可以使用专业的信号测量设备进行测量。

2.1.2. 基于 RSSI 的距离估计模型

对数距离路径损耗模型是基于 RSSI 的距离估计中最为常用的一种模型。该模型假设无线信号在自由空间中传播时,信号强度随距离的增加呈对数衰减。其数学表达式为:

$$P(d) = P(d_0) - 10n\log(d/d_0) - X\sigma$$

其中, d 为实际距离, d_0 为参考距离, n 为路径损耗指数, σ 为方差。通过测量不同距离下的 RSSI 值,可以利用该模型估算出信号源与接收端之间的距离。

2.1.3. RSSI 定位算法分类与特点

1) 三边测量法

三边测量法是一种基于几何原理的定位算法。它通过测量三个或以上已知位置的参考节点与目标节点之间的距离,利用几何关系确定目标节点的位置。在实际应用中,由于测量误差的存在,可能会导致多个圆无法准确相交,从而影响定位精度。

2) 极大似然估计法

极大似然估计法是一种基于概率统计的定位算法。它通过建立目标节点位置与 RSSI 值之间的概率模型,求解目标节点的最可能位置。极大似然估计法在一定程度上可以提高定位精度,但计算复杂度较高,需要大量的计算资源。

2.2. GPRS 技术

2.2.1. GPRS 网络结构与工作原理

GPRS 是一种基于 GSM 网络的分组数据业务,它通过在 GSM 网络中增加分组控制单元(PCU)和服务支持节点(SGSN)、网关支持节点(GGSN)等设备,实现数据的分组传输。GPRS 网络的工作原理如下:当用户需要发送数据时,数据首先被分割成多个数据包。这些数据包通过无线信道传输到基站,然后由基站转发到 SGSN。SGSN 负责对数据包进行路由选择和转发,将其传输到 GGSN。GGSN 则将数据包接入到外部数据网络,如互联网。

2.2.2. GPRS 数据传输特点与优势

GPRS 具有以下数据传输特点与优势: 1) 覆盖范围广: GPRS 依托于 GSM 网络,具有广泛的覆盖范围,可以在全球范围内实现数据传输。 2) 数据传输速度快: 相比传统的 GSM 电路交换数据业务, GPRS 的数据传输速度有了很大的提高,可以满足大多数无线设备管理的需求。 3) 实时性好: GPRS 支持实时

数据传输，可以实现对无线设备的实时监控。4) 费用相对较低：GPRS 的数据传输费用相对较低，适合大规模应用。

2.3. 融合技术的理论依据

2.3.1. 信息融合的基本概念与方法

信息融合是指将来自多个传感器或数据源的信息进行综合处理，以提高系统的性能和可靠性。信息融合的方法主要有加权平均法、卡尔曼滤波法、贝叶斯估计法等。加权平均法是一种简单的信息融合方法，它通过对多个数据源的信息进行加权平均，得到融合后的结果。卡尔曼滤波法则是一种基于状态估计的信息融合方法，它通过对系统状态的预测和更新，实现对多个传感器信息的融合。贝叶斯估计法是一种基于概率统计的信息融合方法，它通过对先验概率和后验概率的计算，实现对多个数据源信息的融合。

2.3.2. RSSI 与 GPRS 融合的可行性分析

RSSI 定位技术可以提供相对准确的短距离定位信息，而 GPRS 技术可以实现远距离的数据传输和定位信息的共享。将两者融合，可以实现优势互补，提高无线设备管理的定位精度和数据传输性能。具体来说，RSSI 定位技术可以在局部范围内提供高精度的定位信息，而 GPRS 技术可以将这些定位信息传输到远程监控中心，实现对无线设备的全局监控。同时，GPRS 技术还可以为 RSSI 定位提供辅助信息，如基站的位置信息等，进一步提高定位精度。

4. 融合定位技术方案设计

4.1. 系统总体架构设计

4.1.1. 硬件组成部分及功能

融合定位系统主要由无线设备、基站、GPRS 模块、云平台等组成，如图 1 所示为系统总体架构示意图。

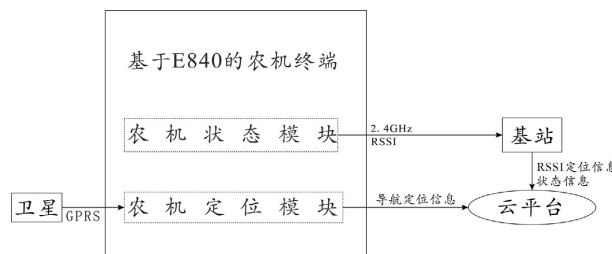


Figure 1. Overall system architecture
图 1. 系统总体架构图

- 1) 无线设备：负责发送和接收无线信号，是定位的目标对象。
- 2) 基站：用于测量接收信号的强度，为 RSSI 定位提供数据支持。
- 3) GPRS 模块：负责将定位信息传输到监控中心，实现远程监控。
- 4) 云平台：接收并处理来自无线设备和 GPRS 模块的定位信息，对无线设备进行管理和监控。

4.1.2. 软件系统设计框架

软件系统主要包括 RSSI 数据采集与处理模块、GPRS 数据传输模块、融合算法模块和监控中心软件等。期中 RSSI 数据采集与处理模块负责采集农机状态的数据，并进行预处理和滤波，提高数据的准确性。GPRS 数据传输模块负责将农机定位信息通过 GPRS 网络传输到监控云平台。融合算法模块采用信息融

合方法，将 RSSI 定位信息和 GPRS 传输的定位信息进行融合，提高定位精度。云平台软件接收并处理来自无线设备和 GPRS 模块的定位信息，实现对无线设备的管理和监控。

4.2. RSSI 数据采集与处理

4.2.1. RSSI 信号采集方法

采用无线传感器网络中的 Lora 节点的 RSSI 传感器，通过无线通信协议获取接收信号的强度信息。在采集过程中，可以设置多个 RSSI 传感器，以提高定位的准确性。

4.2.2. 数据预处理与滤波算法

1) 数据预处理：对采集到的 RSSI 数据进行预处理，去除异常值和噪声。采用统计方法，如均值、中位数等，对数据进行初步处理。

2) 滤波算法：采用滤波算法，如均值滤波、中值滤波等，进一步提高数据的准确性。均值滤波是一种简单的线性滤波方法，它通过对多个采样值进行平均，得到滤波后的结果。中值滤波则是一种非线性滤波方法，它通过对多个采样值进行排序，取中间值作为滤波后的结果。

4.2.3. 基于 RSSI 的位置计算方法

根据预处理后的 RSSI 数据，利用对数距离路径损耗模型估算信号源与接收端之间的距离。采用定位算法，如三边测量法、极大似然估计法等，计算无线设备的位置。在计算过程中，结合多个 RSSI 传感器的数据，提高定位精度。

4.3. GPRS 数据传输与融合

4.3.1. GPRS 模块配置与通信协议

选择合适的 GPRS 模块，进行参数配置和通信协议设置。确保 GPRS 模块能够与监控中心进行稳定的数据传输。采用标准的 GPRS 通信协议，如 TCP/IP 协议等，确保数据传输的可靠性和稳定性。

4.3.2. 定位数据的 GPRS 传输流程

1) 数据打包：将计算得到的无线设备位置信息进行打包，添加必要的标识和校验信息。2) 发送：通过 GPRS 模块将打包后的定位信息发送到基站。3) 接收：监控中心接收来自基站的定位信息。4) 解包：对接收的定位信息进行解包，提取出无线设备的位置信息。

4.3.3. 融合算法设计与实现

1) 算法选择：采用信息融合方法，如加权平均法、卡尔曼滤波法等，将 RSSI 定位信息和 GPRS 传输的定位信息进行融合。

2) 权重确定：根据 RSSI 定位信息和 GPRS 定位信息的准确性和可靠性，确定融合算法中的权重。一般来说，RSSI 定位信息在短距离内具有较高的准确性，而 GPRS 定位信息在远距离具有较好的覆盖范围。因此，可以根据距离的远近动态调整权重。

3) 融合计算根据确定的权重，对 RSSI 定位信息和 GPRS 定位信息进行融合计算，得到最终的定位结果。

5. 实验与结果分析

5.1. 实验环境搭建

5.1.1. 实验场地选择与布置

选择室内设备收纳场地。在实验场地中布置无线设备、RSSI 传感器和 GPRS 模块，确保实验环境的稳定性和可靠性。

5.1.2. 无线设备部署方案

本实验使用无线传感器网络中的 Lora 节点，型号为 SX128X 系列作为 RSSI 传感器，通过无线通信协议获取接收信号的强度信息。在采集过程中，可以设置 3 个 RSSI 传感器，以提高定位的准确性。RSSI 传感器工作频段为 2.4 GHz，通信输出接口为 UART 串口，天线增益为 5 dBi，天线高度为 2.5 米。RSSI 传感器和测试点俯视图如图 2 所示。传感器布置离地高度 1.5 米，测试点离地高度在 0.5 米~2 米范围内。

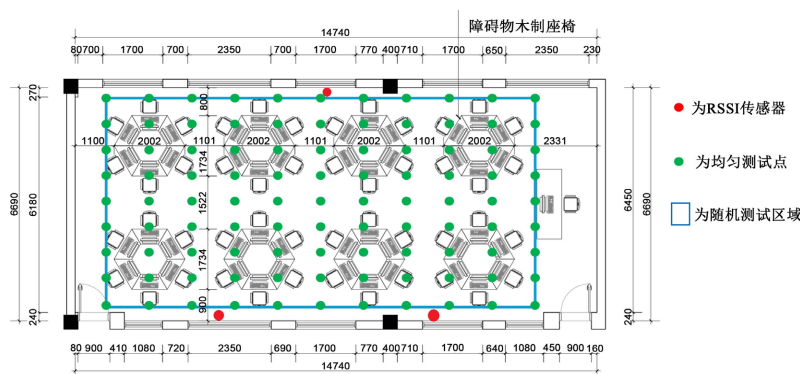


Figure 2. Top view of the test program
图 2. 测试方案俯视图

5.1.3. 测试指标与方法确定

1) 定位精度测试：通过实际测量无线设备的真实位置和定位系统计算得到的位置之间的距离误差，来评估定位精度。可以采用 3 次测量的均方根误差(RMSE)等指标来量化定位误差。

2) 系统稳定性测试：在长时间(24 小时、48 小时)运行的情况下，观察定位系统的性能是否稳定，是否会出现丢包、定位错误等问题。通过连续运行定位系统一段时间，记录系统的运行状态来进行测试。

5.2. 实验结果与分析

5.2.1. RSSI 定位精度测试结果

对 RSSI 定位技术进行单独测试，分析其定位精度和误差分布情况。通过对比不同距离下的定位误差，评估 RSSI 定位技术的性能。

1) 实验结果

在不同距离下进行多次测量，得到 RSSI 定位的误差数据，如图 3 所示。通过分析这些数据，可以发现 RSSI 定位的误差随着距离的增加而增大。在近距离范围内，RSSI 定位的精度较高，但在远距离情况下，误差较大。

2) 结果分析

RSSI 定位的误差主要来源于以下几个方面：首先，无线信号的传播受到环境因素的影响，如障碍物、多径效应等，使得 RSSI 的测量值存在误差。其次，对数距离路径损耗模型在实际应用中存在一定的局限性，不能完全准确地反映信号强度与距离之间的关系。此外，RSSI 定位算法本身也存在一定的误差，如三边测量法在测量误差较大的情况下可能会导致定位结果不准确。

5.2.2. GPRS 数据传输性能分析

测试 GPRS 模块的数据传输速度、延迟和稳定性等性能指标。分析 GPRS 技术在不同网络环境下的表现。

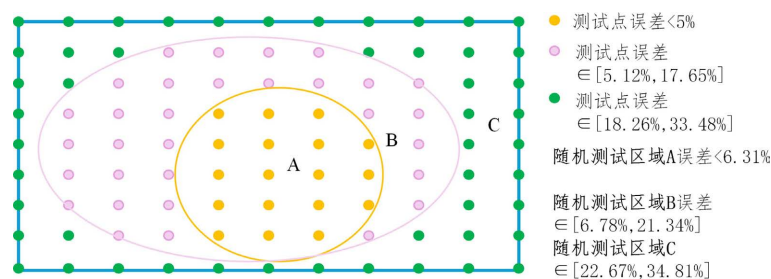


Figure 3. RSSI positioning error data
图 3. RSSI 定位误差数据

1) 实验结果

通过实际测试, 得到 GPRS 数据传输的速度、延迟和稳定性等数据。可以发现, GPRS 数据传输速度相对较快, 延迟较低, 54.5%的测试点延迟小于 0.81 s, 其余 45.5%的测试点延迟小于 1.2 s, 在大多数情况下能够满足无线设备管理的需求。

2) 结果分析

GPRS 数据传输性能主要受到网络覆盖范围、信号强度、网络拥塞等因素的影响。在网络覆盖良好、信号强度较强的情况下, GPRS 数据传输性能较好。但在网络拥塞或信号较弱的情况下, 数据传输速度和稳定性可能会下降。

5.2.3. 融合定位效果评估与对比

将融合定位技术与单独的 RSSI 定位技术和 GPRS 定位技术进行对比, 评估融合定位技术的优势。通过实际测量和数据分析, 验证融合定位技术的有效性。

1) 实验结果

分别采用 RSSI 定位技术、GPRS 定位技术和融合定位技术对无线设备进行定位, 得到不同技术的定位结果。如图 4 所示, 通过对比这些结果, 可以发现融合定位技术的定位精度明显高于单独的 RSSI 定位技术和 GPRS 定位技术。在数据传输性能方面, 融合定位技术也表现出较好的稳定性和实时性。

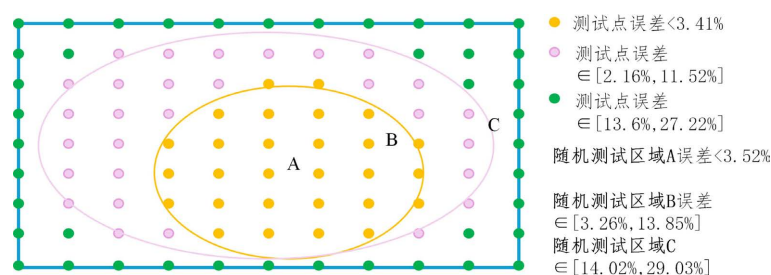


Figure 4. Fusion algorithm error experimental data
图 4. 融合算法误差数据

2) 结果分析

融合定位技术能够充分发挥 RSSI 定位技术和 GPRS 技术的优势, 提高定位精度和数据传输性能。通过信息融合算法, 可以有效地降低 RSSI 定位的误差, 同时利用 GPRS 技术实现远距离的数据传输和定位信息的共享。此外, 融合定位技术还可以根据不同的应用场景和需求, 动态调整融合算法的参数, 以实现最佳的定位效果。

5.3. 误差分析与改进措施

5.3.1. 定位误差来源分析

融合定位技术中可能存在的误差来源主要有以下几个方面：

1) RSSI 测量误差

环境因素影响：无线信号在传播过程中会受到环境中的障碍物(如墙壁、家具等)、多径效应以及电磁干扰等因素的影响，导致 RSSI 值的测量不准确。在室内环境中，信号可能会经过多次反射和折射，使得接收端接收到的信号强度与实际距离之间的关系变得复杂，从而影响基于 RSSI 的距离估计精度。

设备差异：不同的无线设备和 RSSI 传感器在性能上可能存在差异，例如发射功率、接收灵敏度等不同，这也会导致 RSSI 测量值的不一致，进而影响定位精度。

动态变化：无线信号的强度会随着时间和环境的变化而动态变化，例如人员的移动、设备的开启和关闭等都可能对信号强度产生影响，使得 RSSI 测量值不稳定，增加了定位的误差。

2) GPRS 数据传输误差

网络覆盖问题：虽然 GPRS 具有较广的覆盖范围，但在一些偏远地区或信号较弱的地方，可能会出现网络覆盖不良的情况，导致定位数据无法及时传输或传输中断，影响定位的实时性和准确性。

数据丢包：在数据传输过程中，可能会由于网络拥塞、信号干扰等原因导致数据丢包，使得监控中心接收到的定位信息不完整，从而影响定位结果。

定位精度限制：如前所述，单纯依靠 GPRS 技术进行定位，精度相对较低，其主要是通过基站的位置信息来确定设备的大致位置，无法提供高精度的定位结果，这也会对融合定位的精度产生一定的影响。

3) 融合算法误差

权重确定不准确：在融合 RSSI 定位信息和 GPRS 定位信息时，权重的确定至关重要。如果权重确定不准确，可能会导致融合后的定位结果偏向于某一种定位技术，无法充分发挥两种技术的优势，从而影响定位精度。

算法复杂度：一些复杂的融合算法可能需要大量的计算资源和时间，在实际应用中可能会受到设备性能和时间限制的影响，导致算法无法及时完成计算，影响定位的实时性。

适应性问题：不同的应用场景和环境对融合算法的要求可能不同，如果融合算法不能很好地适应各种环境变化，可能会导致定位误差增大。

4) 其他误差来源

时钟同步问题：在定位过程中，无线设备、RSSI 传感器和监控中心之间的时钟同步非常重要。如果时钟不同步，可能会导致定位数据的时间戳不准确，影响定位结果的准确性。

坐标系统转换误差：在实际应用中，可能需要将不同的坐标系统进行转换，例如将 GPS 坐标系统转换为本地坐标系统。在这个过程中，如果转换不准确，可能会引入误差。

5.3.2. 改进措施

针对上述误差来源，可以采取以下改进措施来提高融合定位技术的精度和性能：

1) 针对 RSSI 测量误差的改进措施

环境补偿：通过对不同环境下的无线信号传播特性进行分析，建立环境补偿模型，对 RSSI 测量值进行修正，以减少环境因素对测量结果的影响。例如，可以根据室内环境的布局 and 材料特性，对信号的反射、折射等进行建模，从而更准确地估计距离。

设备校准：对无线设备和 RSSI 传感器进行定期校准，确保其性能稳定和测量准确。可以使用标准信号源对设备进行校准，或者通过与已知位置的参考节点进行对比测量来校准设备。

动态调整：采用动态的 RSSI 测量方法，实时监测信号强度的变化，并根据变化情况及时调整定位算法的参数，以提高定位的准确性和稳定性。例如，可以设置一个时间窗口，在这个窗口内对 RSSI 测量值进行平均，以减少动态变化对定位的影响。

2) 针对 GPRS 数据传输误差的改进措施

网络优化：与电信运营商合作，对 GPRS 网络进行优化，提高网络覆盖范围和信号质量。可以增加基站的数量和密度，优化网络参数，以减少网络覆盖不良和信号干扰的问题。

数据校验和重传：在数据传输过程中，采用数据校验和重传机制，确保定位数据的完整性和准确性。例如，可以使用循环冗余校验(CRC)等方法对数据进行校验，发现错误后及时请求重传。

辅助定位技术：结合其他定位技术，如 GPS、蓝牙等，与 GPRS 技术进行互补，提高定位精度。当 GPRS 信号较弱时，可以使用其他定位技术提供辅助定位信息，以保证定位的连续性和准确性。

3) 针对融合算法误差的改进措施

优化权重确定方法：通过实验和数据分析，确定更加准确的权重确定方法，充分考虑 RSSI 定位信息和 GPRS 定位信息的准确性、可靠性和实时性等因素。可以采用自适应权重调整方法，根据不同的环境和应用场景动态调整权重，以实现最佳的融合效果。

简化算法：在保证定位精度的前提下，对融合算法进行简化，减少计算复杂度和时间消耗。可以采用一些高效的算法和数据结构，如哈希表、快速排序等，提高算法的执行效率。

增强算法适应性：对融合算法进行改进，使其能够更好地适应不同的应用场景和环境变化。可以采用机器学习和人工智能技术，对不同环境下的定位数据进行学习和训练，从而自动调整算法的参数，提高定位的准确性和稳定性。

4) 针对其他误差来源的改进措施

时钟同步：采用高精度的时钟同步技术，确保无线设备、RSSI 传感器和监控中心之间的时钟同步。可以使用网络时间协议(NTP)等方法对设备的时钟进行同步，或者使用专门的时钟同步设备来保证时钟的准确性。

坐标系统转换：在进行坐标系统转换时，采用准确的转换方法和工具，确保转换的准确性。可以使用专业的地理信息系统(GIS)软件进行坐标系统转换，或者参考国家标准和规范进行转换。

6. 结论与展望

本文针对无线设备管理中的定位需求，深入研究了融合 RSSI 与 GPRS 的无线设备管理定位技术。通过对 RSSI 定位原理、GPRS 技术特点以及融合技术的可行性分析，设计了一种融合两者优势的无线设备管理定位系统。提出了一种融合 RSSI 与 GPRS 的无线设备管理定位技术方案，实现了优势互补，提高了定位精度和数据传输性能。设计了相应的融合算法，通过优化权重确定方法、简化算法和增强算法适应性等措施，提高了融合定位的准确性和稳定性。通过实验验证了融合定位技术的有效性，并对误差来源进行了深入分析，提出了针对性的改进措施，为实际应用提供了参考。

本文的实验主要在室内的设备存放环境中进行，虽然能够验证融合定位技术的基本性能，但与实际应用中的复杂环境还有一定的差距。在实际应用中，无线信号的传播会受到更多因素的影响，如建筑物的结构、人员的密度等，这些因素可能会对定位精度产生更大的影响。虽然本文提出的融合算法在一定程度上提高了定位精度和稳定性，但仍然存在一些不足之处。例如，在处理动态变化的环境和大规模无线设备管理时，算法的性能可能会受到影响。此外，算法的计算复杂度还有待进一步降低，以提高系统的实时性。本文的研究主要针对小规模无线设备管理进行了实验和分析，对于大规模无线设备管理的适用性还需要进一步验证。在大规模无线设备管理中，可能会面临更多的挑战，如数据处理量增大、网

络拥塞等问题，需要进一步优化系统设计和算法，以提高系统的性能和可靠性。

总之，融合 RSSI 与 GPRS 的无线设备管理定位技术具有广阔的应用前景和研究价值。通过不断地优化和改进，可以为无线设备管理提供更加准确、可靠的定位解决方案，推动无线通信技术的发展和應用。

基金项目

农业无线设备管理定位技术研究(上海农林职业技术学院校级科研课题,项目编号:KY2-0000-22-12)。

参考文献

- [1] Cassman, K.G. (1999) Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield Potential, Soil Quality, and Precision Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **96**, 5952-5959. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5952>
- [2] Wang, N., Zhang, N. and Wang, M. (2006) Wireless Sensors in Agriculture and Food Industry—Recent Development and Future Perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, **50**, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.09.003>
- [3] Farid, Z., Nordin, R. and Ismail, M. (2013) Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. *Journal of Computer Networks and Communications*, **2013**, Article 185138. <https://doi.org/10.1155/2013/185138>
- [4] Allen, M., Baydere, S., Gaura, E. and Kucuk, G. (2009) Evaluation of Localization Algorithms. In: Mao, G. and Fidan, B., Eds., *Localization Algorithms and Strategies for Wireless Sensor Networks: Monitoring and Surveillance Techniques for Target Tracking*, IGI Global, 348-379. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-396-8.ch014>
- [5] Ihler, A.T., Fischer III, J.W. and Willisky, A.S. (2005) Loopy Belief Propagation: Convergence and Effects of Message Errors. *Journal of Machine Learning Research*, **6**, 905-936.
- [6] D'Andrea, A.N., Mengali, U. and Reggiannini, R. (1994) The Modified Cramer-Rao Bound and Its Application to Synchronization Problems. *IEEE Transactions on Communications*, **42**, 1391-1399. <https://doi.org/10.1109/tcomm.1994.580247>
- [7] 闫文豪. 基于农田监测的无线传感器网络节点定位研究[J]. 农机化研究, 2021, 43(6): 36-41.
- [8] 蒋锐. 基于质心迭代估计的无线传感器网络节点定位算法[J]. 物理学报, 2016, 65(3): 1-9.
- [9] Li, Y., Wu, H. and Sun, Y. (2022) Improved Adaptive Genetic Algorithm Based RFID Positioning. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, **33**, 305-311. <https://doi.org/10.23919/jsee.2022.000031>
- [10] 李玉柏, 孙迅. 基于迁移学习提高 WiFi 室内定位中信道状态信息指纹库的鲁棒性[J]. 电子与信息学报, 2023, 45(10): 3657-3666.
- [11] 朱瑞, 张丽杰. 多指纹融合和区域细化的 WiFi 室内定位方法[J]. 导航定位学报, 2024, 12(5): 62-69.
- [12] 张良, 伍滨涛, 谢景鑫, 等. 北斗导航农机作业面积管理系统设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(12): 139-146.
- [13] 肖杨. 基于自主农业无人机的无线传感器网络定位系统[J]. 农机化研究, 2021, 43(9): 219-223.
- [14] 乔晓军. 无线传感器网络在农业中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(z2): 232-234.
- [15] 张莉莉. 小型精细农业中无线传感器网络节点定位方法探讨[J]. 农业技术与装备, 2011(16): 78-80.
- [16] 钟芳杰. 一种基于 A-GPS/RSSI 混合定位的实现方案[J]. 科技创新与应用, 2015, 5(30): 68-69.
- [17] Bandiera, F., Coluccia, A., Ricci, G., Ricciato, F. and Spano, D. (2014) TDOA Localization in Asynchronous WSNs. 2014 12th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, Milan, 26-28 August 2014, 193-196. <https://doi.org/10.1109/euc.2014.35>
- [18] 程超, 钱志鸿, 付彩欣, 刘晓慧. 一种基于误差距离加权与跳段算法选择的遗传优化 DV-Hop 定位算法[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(10): 2418-2423.
- [19] 彭燕, 赵华峰, 毛娜. DV-Hop 定位算法在农田无线传感器网络监测系统中的应用[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(5): 939-942.
- [20] 邓昀, 程小辉. 智能灌溉系统的无线传感器网络设计[J]. 自动化仪表, 2013, 34(2): 80-83, 88.