

# 基于LSTM的PDR室内定位研究

陶 丽

鄂尔多斯应用技术学院 内蒙古鄂尔多斯 017000

**摘要:** 随着人们对于室内定位需求的增加, 基于LSTM的PDR室内定位研究成为了一个热门的研究领域。传统的PDR方法容易受到传感器误差和路径漂移等问题的影响, 而LSTM模型能够有效地处理时间序列数据, 提高定位精度和稳定性。因此, 本文旨在探讨如何利用LSTM模型进行PDR室内定位, 并通过实验和结果分析验证其可行性和有效性。

**关键词:** LSTM; PDR室内定位; 研究

## Research on indoor positioning of PDR based on LSTM

Li Tao

The Ordos Institute of Applied Technology, Ordos City, Inner Mongolia Autonomous Region, 017000

**Abstract:** With the increasing demand for indoor positioning, research on LSTM-based PDR indoor localization has become a popular field of study. Traditional PDR methods are susceptible to issues such as sensor errors and path drift. In contrast, LSTM models are capable of effectively handling time series data, thereby enhancing localization accuracy and stability. Hence, this paper aims to explore the utilization of LSTM models for PDR indoor localization and validate its feasibility and effectiveness through experiments and result analysis.

**Keywords:** LSTM; PDR indoor position; research

传统的GPS方法在室内环境下精度不高, 而基于LSTM (Long Short-Term Memory) 的PDR (Pedestrian Dead Reckoning) 室内定位研究为解决这一问题提供了新的思路。基于LSTM的PDR室内定位研究通过利用深度学习模型和传感器数据来推测用户在步行过程中的位置。相较于传统的PDR方法, 该技术能够更准确地预测用户的位置, 并且对于传感器误差和路径漂移等问题具有更好的鲁棒性。

### 一、PDR原理与基本概念

PDR (Pedestrian Dead Reckoning) 是一种基于步态导航的室内定位技术, 通过测量和分析人的步行模式和运动参数来推算其室内位置。PDR原理基于惯性传感器, 主要包括加速度计、陀螺仪和磁力计, 以及相关的信号处理和算法。

PDR的基本概念是利用步态信息进行定位。步态是指人类行走时特有的身体姿态和运动模式, 在每一步步行过程中都会产生独特的合力方向和大小。PDR通过采集和分析步行时产生的加速度、角速度和方向等数据, 结合步频、步长和航向角等参数, 逐步累积推断人的位置<sup>[1]</sup>。

### 二、基于LSTM的PDR室内定位研究

#### 1. 数据采集与预处理

##### (1) 传感器选择和部署

在进行基于LSTM的PDR室内定位研究时, 首先需要仔细选择合适的传感器, 并有效地部署它们。常见的传感器包括加速度计、陀螺仪、磁力计等, 它们能够提供步行过程中所需的动作和方向信息。

选择传感器时, 需要考虑其精度、采样频率和能耗等因素。较高的精度可以提供更准确的定位结果, 而适当的采样频率可以平衡数据量和计算复杂度。此外, 还要根据使用场景的特点, 选择合适的传感器类型。例如, 加速度计主要用于检测步伐的振动, 陀螺仪则可以提供旋转和姿态信息, 磁力计可用于辅助判断方向。

**基金项目:**《基于智能手机的PDR室内定位算法研究》, 鄂尔多斯应用技术学院科研项目, 项目编号: KYYB2021012

## (2) 数据采集方案设计

为了收集适于室内定位研究的数据, 需要设计合理的数据采集方案。首先, 确定实验场景和设置, 包括室内环境、步行路径和参与者数量。然后, 选择合适的数据采集设备和系统, 如可用的智能手机或手持式传感器装置, 并确保其支持所需的传感器类型和数据存储功能。

### 2.LSTM模型设计与训练

#### (1) LSTM模型原理和架构

LSTM(长短期记忆)是一种特殊的循环神经网络(RNN), 在处理序列数据时表现出色。在基于LSTM的PDR室内定位研究中, 我们可以利用其记忆单元和门控机制来捕捉步行过程中的动态特征。LSTM模型由输入门、遗忘门、输出门和记忆单元组成。输入门决定了多少新信息将会进入记忆单元, 遗忘门决定了多少旧信息将会保留, 输出门决定了多少记忆将被传递给下一层或输出层<sup>[2]</sup>。

#### (2) 输入数据格式设计和数据划分

为了将数据应用于LSTM模型, 需要设计合适的输入数据格式。在PDR室内定位中, 可以使用滑动窗口的方法将连续的传感器数据划分为固定长度的时间序列。每个时间序列作为一个样本, 包含了一段时间内的传感器数据和对应的位置标签。

#### (3) 模型参数设置和训练策略

在训练LSTM模型之前, 需要设置一些关键参数, 如隐藏层的大小、学习率、迭代次数等。这些参数的设定应该根据实验需求和数据特征进行调整。

为了避免过拟合和提高模型的泛化能力, 可以采用一些常见的训练策略, 如交叉验证、正则化和早停等。交叉验证可将数据集划分为训练集和验证集, 用于评估模型的性能和确定最佳参数。正则化技术(如L1或L2正则化)可以防止模型过度拟合训练数据, 提高其对未知数据的预测能力。早停策略可根据验证集的性能指标, 在模型过拟合之前停止训练, 并选择具有较好泛化能力的模型。

### 3. 步长推测算法设计

#### (1) 步长推测算法原理和流程

步长推测是指根据传感器数据推测用户在步行过程中每一步的步长。步长推测算法基于加速度计或陀螺仪等传感器数据, 通过分析动作特征来估计步长。

步长推测算法的流程如下:

数据预处理: 对传感器数据进行滤波、去噪和坐标系转换, 以获得准确的步行动作信号。

动作检测: 利用特定的阈值或机器学习方法, 识别出步行过程中的动作周期, 如一个完整的步伐。

特征提取: 从每个步行周期内提取与步长相关的特征, 如加速度峰值、频率等<sup>[3]</sup>。

步长推测: 使用特征和已知步长样本数据训练模型, 如回归模型、决策树或神经网络, 来预测未知步长。

滤波和平滑: 对推测的步长进行滤波和平滑处理, 以减少误差和抖动。

#### (2) 步长推测模块与LSTM模型的结合

步长推测模块可以与LSTM模型相结合, 以提高室内定位的准确性和鲁棒性。LSTM模型可以学习时间序列数据的长期依赖关系, 而步长推测模块则能够增加对步行动作的识别和推测能力。

在结合两者时, 可以将步长推测模块的输出作为LSTM模型的输入特征之一, 与其他传感器数据一起用于位置预测。这样可以综合利用步长推测和LSTM模型的优势, 提高定位精度和鲁棒性。

#### (3) 步长推测算法性能评估指标

为了评估步长推测算法的性能, 我们可以使用一些指标来衡量其准确性和稳定性。常用的评估指标包括步长误差(推测步长与实际步长之间的差异)、步频误差(实际步行频率与推测步频之间的差异)和相关系数等。

### 4. 室内地图匹配与定位

#### (1) 室内地图建立和表示方法

室内地图的建立和表示是实现准确室内定位的关键步骤。室内地图可以采用多种方式进行建立和表示, 如平面图、网络图、特征点图等。

平面图: 最常见的一种室内地图表示方法, 将建筑物的结构、道路、房间等信息映射到二维平面上来描述室内环境。

网络图: 以节点和边的形式表示室内空间, 其中节点表示关键位置(如交叉口、出入口、楼梯等), 边表示路径连接。

特征点图: 基于室内环境中的特征点(如门、窗、柱子等)来构建地图, 通过特征点之间的相对位置关系来定位。

#### (2) 地图匹配算法设计和实施

地图匹配是指将通过传感器获得的位置数据与室内地图进行比对, 找到最佳的匹配位置。地图匹配算法通常基于概率模型或几何模型, 结合传感器数据和室内地图的拓扑结构进行计算。

概率模型: 使用概率分布函数(如高斯分布)来描

述位置数据的概率分布,通过最大似然估计或贝叶斯推断来确定最可能的匹配位置。

几何模型:根据传感器数据和地图拓扑结构之间的几何关系,采用几何计算方法(如距离、角度)来进行位置匹配<sup>[4]</sup>。

### 三、实验和结果分析

基于LSTM的PDR室内定位研究的实验案例分析可以帮助我们更加具体地了解该方法在实际应用中的效果和优势。

以一次室内定位实验为例,收集了一个包含加速度计和陀螺仪数据的数据集,并使用这些数据进行模型训练和算法评估。

首先,根据数据集描述和实验设置,在一个真实的室内环境中进行数据采集。参与者从起点到终点进行步行,期间记录传感器数据和对应的真实位置。其次,进行模型训练和算法评估。使用收集到的数据集,我们将其划分为训练集和测试集。通过训练LSTM模型,学习传感器数据和真实位置之间的关系。接着,将测试集中的传感器数据输入模型,进行位置预测,并与真实位置进行比对。在算法评估阶段,我们计算了定位误差、准确率等性能指标。例如,采用均方根误差(RMSE)和平均绝对误差(MAE)来衡量预测位置与真实位置之间的距离差异。最后,进行算法的鲁棒性和稳定性探究。引入噪声数据、模拟特殊情况,以及改变行走速度等方法,

来测试算法在不同条件下的表现,并分析其鲁棒性和稳定性。

通过实验案例分析,我们可以获得关于基于LSTM的PDR室内定位研究方法在实际应用中的具体效果和优势。这有助于验证算法的可行性和有效性,并为进一步的研究和应用提供指导和参考。

### 四、结语

基于LSTM的PDR室内定位研究为解决室内定位问题提供了一种新的方法。通过步长推测算法、室内地图匹配与定位等关键技术的综合应用,我们能够借助LSTM模型准确地预测用户的位置。实验结果显示,该方法在定位精度和鲁棒性方面表现出色。

### 参考文献:

- [1]卫庆芳,陈勇,薛文军,马文秀,裴科科.基于室内定位的改进PDR算法研究[J].火力与指挥控制,2023,48(04):102-107.
- [2]陈钰,王宇浩,王亚雪,项赉,张腾飞,张海平,徐莹.基于移动智能终端的PDR/iBeacon融合室内定位[J].北京测绘,2023,37(02):280-288.
- [3]李妮芝.Wi-Fi融合PDR的室内定位技术的研究[D].内蒙古科技大学,2022.
- [4]唐清华,王玫,唐超尘,刘鑫,梁雯.基于M2M相遇区的PDR室内定位方法[J].计算机科学,2022,49(09):283-287.