

基于动态 K 值及 AP MAC 地址筛选的室内定位算法

王培重¹ 郑南山^{1,2} 张言哲¹

(中国矿业大学环境与测绘学院 徐州 221116)¹

(国土环境与灾害监测国家测绘地理信息局重点实验室 徐州 221116)²

摘 要 在简单介绍动态 K 值加权室内定位算法(EWKNN)并分析其不足的基础上,探索研究了基于动态 K 值及 AP MAC 地址筛选的室内定位算法。该算法首先使用 EWKNN 方法动态选择参考点个数,并根据测试点和参考点之间 AP 的 MAC 匹配度,进一步筛选出最优的定位参考点;最后采用得到的最优参考点与测试点之间的距离进行加权定位。实验表明,相对于传统的 EWKNN 定位算法,提出的算法具有较高的定位精度。

关键词 室内定位,EWKNN,信号强度,位置指纹

中图法分类号 TP393.1 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.1.037

Indoor Positioning Algorithm Based on Dynamic K Value and AP MAC Address Match

WANG Pei-zhong¹ ZHENG Nan-shan^{1,2} ZHANG Yan-zhe¹

(School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)¹

(NASG Key Laboratory of Land Environment and Disaster Monitoring, Xuzhou 221116, China)²

Abstract After describing algorithm for indoor positioning based on dynamic K value and weighted localization (EWKNN), this article put forward an improved indoor localization algorithm based on AP MAC address match. First of all, EWKNN is used to dynamically choose reference points. Then according to the AP MAC matching degree between reference points and test point, further optimal positioning reference points are determined. Finally the weighted positioning is obtained in terms of signal distance between optimal reference points and test point. Experimental studies indicate that the improved algorithm has better performance at positioning accuracy comparing with EWKNN localization algorithm.

Keywords Indoor positioning, EWKNN, Signal strength, Location fingerprint

1 引言

由于位置服务有着广大的市场需求和应用前景,室内定位技术越来越受到人们的关注。其中 WIFI 技术凭借着价格低廉、易于扩展、应用广泛的特点,成为了人们研究的重点。WIFI 主要有两种室内定位方法:传播路径方法和位置指纹方法。传播路径的方法由于很难构建符合室内传播环境的模型而精度不高,推广较为困难。而位置指纹定位的方法由于不受信号传播多路径、反射等影响,成为了目前研究较为广泛的 WIFI 室内定位技术^[1-5]。

人们对位置指纹定位进行了大量的研究,如早期的 Bahl^[6]等采用信号空间最接近 K 邻近法(K-Nearest Neighbors in Signal Space, K-NNSS),将测得的数据与数据库中的数据匹配,匹配得到 K 个最近的参考点,然后取 K 个参考点坐标的平均值作为待测点的坐标。文献[7]在 K 近邻算法的基础上提出了 K 加权近邻算法(Weighted K Nearest Neighbors WKNN),与文献[6]的不同之处在于该算法将匹配得到的参考点的坐标不取平均值,而是将它们待测点和

参考点之间的信号空间距离作为权重对其坐标进行加权处理。该算法的不足之处是 K 是固定值。Beomju^[5]等针对固定 K 值会引入实际距离偏离待定点较远的参考点问题,提出了动态 K 值加权算法(EWKNN)。该算法设定一个阈值,动态地选择 K 值即参考点的个数,提高了定位精度。但是该算法选择的参考点仍存在实际距离偏离待定点较远的现象。通过研究发现,可以根据 AP 的 MAC 地址来进一步剔除实际距离偏离待定点较远的参考点。针对动态 K 值加权算法的不足,本文研究基于动态 K 值和 AP MAC 地址筛选的室内定位算法。该算法首先引入动态 K 值以动态选择参考点的个数,再根据测试点和选择参考点之间的 AP MAC 地址匹配度来进一步筛选出最优的参考点;最后根据信号距离加权进行定位。测试实验结果表明新的算法提高了定位精度。

2 动态 K 值加权定位算法

(1)首先将移动终端接收到的来自 AP 的 RSSI 值和数据库中的数据进行比较计算。计算待定点处的 RSSI 值到参考点的 RSSI 值之间的距离。

到稿日期:2015-04-18 返修日期:2015-06-31 本文受国家高技术研究发展计划(863 计划):导航与位置服务系统关键技术及应用示范(二期)“特大城市室内外无缝定位信号体制与系统构建”(2013AA12A201)资助。

王培重(1988-),男,硕士生,主要研究方向为室内定位技术,E-mail:724600183@qq.com;郑南山 博士,教授,主要研究方向为 GNSS 及其信号反演、环境灾害遥感与风险评估等;张言哲 硕士生,主要研究方向为室内定位技术。

$$L_i = \sum_{j=1}^n |A_j - R_{ij}|^2, i=1,2,3,\dots,m \quad (1)$$

式中, A_j 为第 j 个 AP 的信号强度 RSSI 值, R_{ij} 为在位置指纹库中第 i 个参考点中第 j 个 AP 的信号强度 RSSI 值。 m 为位置指纹库中参考点的个数; n 为测试点接收到的 AP 的个数。

设定一个阈值 R_0 , 当 L_i 值大于 R_0 时剔除 L_i 对应的参考点。

(2) 将剩下的 $L_i (i=1,2,3,\dots,G)$ 按从小到大的顺序排列, 则定义 D_i 等于 L_1 和 $L_G (i=2,3,\dots,G)$ 的差值, 那么 D_i 的平均值为:

$$E(D) = \frac{D_2 + D_3 + \dots + D_G}{G-1} \quad (2)$$

(3) 将 D_i 和 $E(D)$ 进行比较, 把 D_i 中大于平均值 $E(D)$ 的剔除, 那么剩下的参考点的个数为 K , 即为最终参考点的个数。然后用信号距离进行加权来提高定位精度。所以参考点的估计位置为:

$$(\hat{x}', \hat{y}') = \frac{\frac{1}{L_1}(\hat{x}_1, \hat{y}_1) + \frac{1}{L_2}(\hat{x}_2, \hat{y}_2) + \dots + \frac{1}{L_K}(\hat{x}_K, \hat{y}_K)}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_K}} \quad (3)$$

从以上推导可知: 每次定位选择的参考点的个数不再是固定值, 而是变化的, 这样就可以避免由于 K 值的固定把距离偏远的参考点选入而最终影响定位的精度。

由于 WIFI 信号的不稳定, 容易导致相距数米的位置的 RSSI 的信号具有相近均值和方差。接收信号强度的均值与位置有一定的相关性, 但并非一一对应^[8]。因此, 单纯依靠信号空间距离来剔除实际距离偏远的参考点未必准确。

另外, 对接入点的研究发现, 测试点 AP 的 MAC 地址和参考点 AP 的 MAC 地址有着紧密的相关性, 即测试点离参考点越近, 它们 AP 的 MAC 地址相同的个数越多, 顺序基本一致。

针对动态 K 值定位时没能有效地剔除实际距离偏远的参考点问题, 本文提出了基于动态 K 值及 AP MAC 地址筛选的室内定位算法。该算法首先使用动态 K 值的方法筛选出用于定位的参考点, 然后根据测试点和选择的参考点之间的 AP 的 MAC 地址的匹配度来进一步筛选出最优的参考点, 最后根据信号距离进行加权定位。

3 改进基于 EWKNN 的室内定位算法

EWKNN 方法在找到选定的参考点后, 并不是直接进行距离加权来求出待定点的估计位置, 而是在此基础上选择出最优的参考点, 再进行加权定位。具体方法如下:

(1) 选取移动终端信号的 MAC 地址和选中的参考点信号的 MAC 地址进行匹配。

$$P_i = \sum_{j=1}^n S_{ij}, i=1,2,\dots,K \quad (4)$$

式中, P_i 为求得的第 i 个参考点的匹配度; S_{ij} 为移动端信号在与第 i 个参考点进行匹配时, 前 j 个 AP 的 MAC 地址相同的个数。

(2) 根据得到的匹配度剔除掉匹配度较低的参考点。

首先求得 P_i 的平均值:

$$P_{average} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_K}{K} \quad (5)$$

然后将匹配度小于平均值的参考点剔除, 筛选出的最优参考点为 K_i' 个。

(3) 根据信号距离进行加权定位, 求得测试点的估计位置。

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{\frac{1}{L_1}(\hat{x}_1, \hat{y}_1) + \frac{1}{L_2}(\hat{x}_2, \hat{y}_2) + \dots + \frac{1}{L_{K'}}(\hat{x}_{K'}, \hat{y}_{K'})}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_{K'}}} \quad (6)$$

所以离线阶段建立好指纹数据库后, 用改进后的算法定位的步骤如下:

Step1 对 AP 进行扫描, 采集周围 AP 的信号强度值。

Step2 将采集到的数据和指纹数据库中的数据进行比较计算。根据式(1)计算得到待定点到各个参考点的信号距离。

Step3 根据预先设定的阈值, 选出小于阈值的信号距离。将小于阈值的信号距离按从小到大的顺序排列, 根据式(2)计算出平均值。

Step4 剔除信号距离大于平均值的参考点, 筛选出 K 个参考点。

Step5 采用测试点的 AP MAC 地址和选出的参考点的 AP MAC 地址, 按照式(4)计算匹配度。

Step6 根据匹配得到的结果, 按照式(5)计算其均值, 并剔除均值以下的对应的参考点, 从而筛选出最优的参考点。

Step7 根据筛选后的结果计算待定点到各个最优参考点的信号距离, 然后按照式(6)求得待定点的估计位置。

4 算法测试实验

4.1 实验环境

实验 1: 实验环境选择中国矿业大学环境与测绘学院四层, 其中已布设所需 AP, 在 $7\text{m} \times 9\text{m}$ 的房间内进行测试, 每隔 1.2m 布置一个参考点, 共有 36 个参考点均匀地布置在该房间内。如图 1 所示。

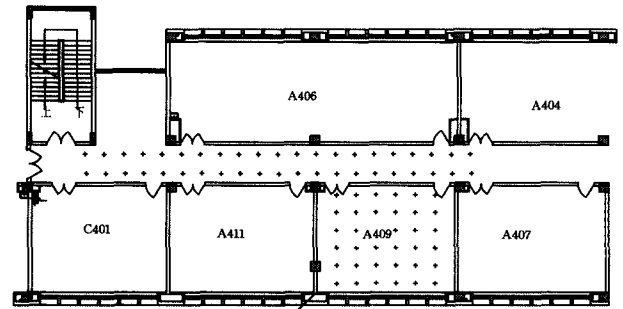


图 1 实验环境

实验 2: 中国矿业大学环境与测绘学院四层 A 区, 已布设所需 AP, 在一段长为 24m 、宽为 2.4m 的楼道内进行测试。按照 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 规则格网布设参考点, 共布设 42 个参考点。如图 1 所示。

在离线采样阶段, 每个参考点间隔 1s 采集 AP 的信号强度, 共采集 30 次, 取其平均值作为最终的信号强度存入指纹库。

4.2 实验结果与分析

实验 1: 根据方案设计随机选取 40 个点逐个进行定位测试, 以检测算法的定位性能。分别利用 EWKNN 算法和本文提出的改进算法进行定位实验。图 2 为两种算法的误差累计概率分布对比图, 表 2 列出两种算法的定位结果误差对比。

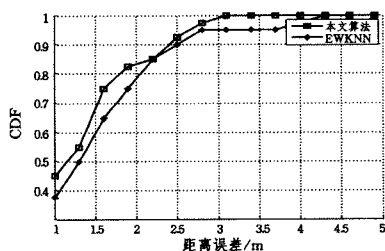


图2 定位误差累计概率分布

表2 定位结果误差对比

定位算法	最大值(m)	最小值(m)	平均值(m)
EWKNN	4.1960	0.6787	1.6162
改进算法	2.9929	0.2111	1.3713

从图2中可得知,改进算法的定位误差在1~2m以内的概率均比EWKNN算法的概率有所提高,定位效果比EWKNN定位效果好。另外,新算法的定位误差均在3.09m以内,而EWKNN算法定位误差均在4.29m以内。这表明本文算法通过引入测试点的AP MAC地址和选择的参考点的AP MAC地址的匹配度来剔除实际距离偏离待定点较远的点,能有效削弱信号不稳定对定位结果的影响,提高定位可靠性。

表2分别从最大值、最小值和平均值3方面来评价定位结果。从表中可知,改进方法的平均定位误差在EWKNN方法的1.6162m的基础上降低了约0.24m,表明改进算法的定位精度优于原有算法的。

实验2:在室内楼道内随机选取20个点作为测试点,分别用本文算法和EWKNN算法来进行位置估计。图3为两种算法的误差累计概率分布对比图,表3列出两种算法的定位结果误差对比。

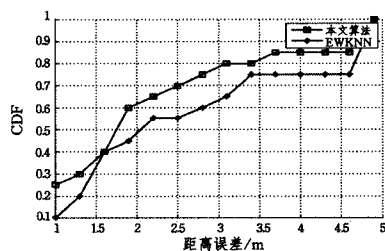


图3 定位误差累计概率分布

表3 定位结果误差对比

定位算法	最大值(m)	最小值(m)	平均值(m)
EWKNN	7.147	0.286	2.983
改进算法	5.854	0.481	2.345

从图3中可知,本文算法在定位误差3m以内的概率明显比EWKNN大,这表明了本文算法通过利用AP MAC地址进行筛选最优参考点的方法,有效地削弱了信号不稳定对定位结果的影响。

从表3定位结果误差对比中可知,改进算法的最大误差比EWKNN算法降低了约1.3m,这表明改进方法在定位可靠性方面得到了提高。另外,改进方法的平均定位误差在EWKNN方法的2.983m的基础上降低了约0.64m,表明改进算法的定位精度优于原有算法。

通过实验1和实验2的分析可以得知,改进算法的定位误差在3m以内的概率比EWKNN有所提高。在定位结果误差最大值和平均值方面,改进算法较EWKNN算法都有所改

善。因此,改进算法较EWKNN算法在定位可靠性和定位精度方面都有所提高,优于原有算法。

结束语 本文提出了基于动态K值及AP MAC地址筛选的室内定位算法。该方法利用测试点AP MAC地址与参考点AP MAC地址的匹配度来剔除实际距离偏离待定点较远的点,削弱信号不稳定对定位结果的影响,从而提高位置指纹定位方法的定位精度。实验结果表明:与EWKNN算法相比,本文的改进算法有效地削弱了信号不稳定对定位结果的影响,使得定位参考点的选取更加准确,提高了定位结果的准确性。在离线阶段如何有效降低建立指纹数据库的工作量还需进一步研究。

参考文献

- [1] Yang Xiao-liang, Ye A-yong, Ling Yuan-jing. Indoor localization algorithm based on threshold classification and signal strength weighting [J]. Computer Application, 2013, 33(10): 2711-2714 (in Chinese)
杨小亮,叶阿勇,凌远景.基于阈值分类及信号强度加权的室内定位算法[J].计算机应用,2013,33(10):2711-2714
- [2] Zhou Rui. Improve the accuracy and stability of wifi fingerprinting by applying the interior structure of buildings [J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2013, 42(2): 295-299 (in Chinese)
周瑞.应用室内结构布局提高Wi-Fi定位精度和稳定性[J].电子科技大学学报,2013,42(2):295-299
- [3] Wang Zhong-min, Chen Zhen, Pan Chun-hua. Improved fingerprinting algorithm for smart phone indoor positioning [J]. Journal of Xi'an University of Posts and Telecommunications, 2014, 19(1): 17-20 (in Chinese)
王忠民,陈振,潘春华.一种改进的位置指纹智能手机室内定位算法[J].西安邮电大学学报,2014,19(1):17-20
- [4] Liu Chun-yan, Wang Jian. A Constrained kNN Indoor Positioning Model Based on a Geometric Clustering Fingerprinting Technique [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(11): 1287-1292 (in Chinese)
刘春燕,王坚.基于几何聚类指纹库的约束KNN室内定位模型[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(11):1287-1292
- [5] Shin B, Lee J H, Lee T, et al. Enhanced weighted K-nearest neighbor algorithm for indoor Wi-Fi positioning systems [C]// 2012 8th International Conference on Computing Technology and Information Management (ICCM). IEEE, 2012: 574-577
- [6] Bahl P, Padmanabhan V N. RADAR: An in building RF-based user location and tracking system [C]// Proceedings of the 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Piscataway: IEEE, 2000: 775-784
- [7] Ni L M, Liu Y, Lau Y C, et al. LANDMARC: Indoor location sensing using active RFID [J]. Pervasive Computing and Communications, 2004, 10(6): 701-710
- [8] Zhao Qing-he, Deng Ping, Chen Jia. Fingerprinting Positioning Algorithm in WLAN based On AP TD Filter [J]. Communications Technology, 2012, 45(10): 61-63 (in Chinese)
赵庆贺,邓平,陈佳.一种基于AP ID过滤的WLAN位置指纹定位算法[J].通信技术,2012,45(10):61-63