



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101883424 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 10

(21) 申请号 201010154412. 2

(22) 申请日 2010. 04. 23

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大
直街 92 号(72) 发明人 徐玉滨 周牧 刘宁庆 马琳
谭学治(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009. 01)

H04W 84/12 (2009. 01)

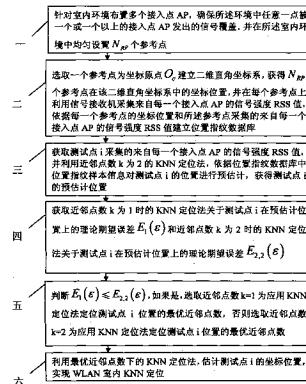
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 6 页

(54) 发明名称

基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法

(57) 摘要

基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法，它涉及模式识别领域，它解决了现有的 WLAN 室内 KNN 定位方法中，因近邻点数选取不当所导致的定位精度恶化的问题。本发明首先建立完整的 WLAN 定位场景和位置指纹数据库；然后，根据测试点处采集的信号强度和预存储的位置指纹数据，利用近邻数为 2 的 KNN 定位法对测试点位置进行预估计；进而获取近邻点数为 1 和 2 时的 KNN 定位法关于测试点在预估计位置上的理论期望误差，并选择具有较高理论精度的 KNN 定位法所对应的近邻点数，作为估计测试点位置的最优近邻点数；最终利用最优近邻点数下的 KNN 定位法，实现 WLAN 室内 KNN 定位。本发明适用于室内定位。



1. 基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法, 其特征在于它的定位过程为 :

步骤一 : 针对室内环境布置多个接入点 AP, 确保所述环境中任意一点被一个或一个以上的接入点 AP 发出的信号覆盖, 并在所述室内环境中均匀设置 N_{RP} 个参考点 ;

步骤二 : 选取一个参考点为坐标原点 O_c , 建立二维直角坐标系, 获得 N_{RP} 个参考点在该二维直角坐标系中的坐标位置, 并在每个参考点上利用信号接收机采集来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值, 依据每一个参考点的坐标位置和所述参考点采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值建立位置指纹数据库 ;

步骤三 : 获取测试点 i 采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值, 并利用近邻点数 k 为 2 的 KNN 定位法, 依据位置指纹数据库中的位置指纹样本信息对测试点 i 的位置进行预估计, 获得测试点 i 的预估计位置 ;

步骤四 : 获取近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_1(\varepsilon)$ 和近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_{2,2}(\varepsilon)$;

步骤五 : 判断 $E_1(\varepsilon) \leq E_{2,2}(\varepsilon)$, 如果是, 选取近邻点数 $k = 1$ 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数, 否则选取近邻点数 $k = 2$ 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数 ;

步骤六 : 利用最优近邻点数下的 KNN 定位法, 估计测试点 i 的坐标位置, 实现 WLAN 室内 KNN 定位。

2. 根据权利要求 1 所述的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法, 其特征在于在步骤四中, 所述近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_1(\varepsilon)$ 根据公式 :

$$E_1(\varepsilon) = \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon)E_{1,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon)E_{1,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r^2}{4} + \frac{r^2}{8N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

获得 ; 近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_{2,2}(\varepsilon)$ 通过公式 :

$$\begin{aligned} E_{2,2}(\varepsilon) &= \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) \\ &\approx \frac{r^2}{4} + \frac{r^2}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} \end{aligned}$$

获得, 其中, ε 表示理论误差, r 表示相邻参考点之间的欧几里得距离, $\text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 1、定位误差为 δ 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为 $E_{1,\delta}(\varepsilon)$ 的置信概率, 定位误差 δ 表示测试点 i 与第 j 个参考点之间的欧几里得距离, $\text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 1、定位误差为 $r - \delta$ 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为 $E_{1,r-\delta}(\varepsilon)$ 的置信概率, d_j 表示第 j 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得

距离, $\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为

$E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 的置信概率, $E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法在满

足条件 $P_j - P_T \leq P_T - P_{j+2}$ 下的理论期望误差, P_j 表示第 j 个参考点处采集到的信号功率, P_{j+2} 表示第 $j+2$ 个参考点处采集到的信号功率, P_T 表示测试点 i 处采集到的信号功率,

$E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法在满足条件 $P_j - P_T > P_T - P_{j+2}$ 下的理论

期望误差。

3. 根据权利要求 2 所述的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法, 其特征在于在步骤四中, 获取近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$E_1(\varepsilon) = \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon) E_{1,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon) E_{1,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{8N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

的具体方法为 :

步骤四一一 :使 KNN 定位法中近邻点数 k = 1 ;

步骤四一二 :使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = R_j$, 定位误差为 δ , 确保

$$\begin{aligned} & P_T = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_T - D_1)] \\ \text{P}_j - \text{P}_T \leq \text{P}_T - \text{P}_{j+1}, \text{ 其 中, } & \left\{ \begin{array}{l} P_j = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_j - D_1)] \\ P_{j+1} = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_{j+1} - D_1)] \end{array} \right. , \text{ 且 存 在 条 件 :} \\ & \end{aligned}$$

$$\begin{cases} D_1 \leq d_j - \frac{\delta^2}{r - 2\delta}, & \text{当 } 0 \leq \delta < \frac{r}{2} \\ D_1 \geq d_j - \frac{\delta^2}{r - 2\delta}, & \text{当 } \frac{r}{2} < \delta \leq r, \text{ 依 据 所 述 条 件 获 得 置 信 概 率} \\ D_1 \text{ 不 存 在,} & \text{当 } \delta = \frac{r}{2} \end{cases}$$

$$\text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon) = 1 + \frac{r}{8N_{RP}} \left(3 + 4 \ln \frac{\sqrt{r}}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} - \frac{r}{4N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

$$\text{和 期 望 误 差 } E_{1,\delta}(\varepsilon) = \frac{r}{4} - \frac{r^2}{16N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

其中, R_j 表示第 j 个参考点的坐标位置, P_{j+1} 表示第 $j+1$ 个参考点处采集到的来自每

一个接入点 AP 的信号功率, P_0 表示每一个接入点 AP 的发射功率, f_s 表示 WLAN 信号频率, $f(f_s)$ 为常数, d_T 表示测试点 i 与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, d_{j+1} 表示第 $j+1$ 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, D 表示每一个

接入点 AP 与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, $O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$ 表示 $\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$ 的高阶量;

步骤四一三:使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = R_{j+1}$, 定位误差为 $r - \delta$, 确保 $P_j - P_T > P_T - P_{j+1}$, 且存在 $\begin{cases} \text{Prob}_{l,r-\delta}(\varepsilon) = 1 - \text{Prob}_{l,\delta}(\varepsilon) \\ E_{l,r-\delta}(\varepsilon) = r - E_{l,\delta}(\varepsilon) \end{cases}$, 则获得置信概率

$$\text{Prob}_{l,r-\delta}(\varepsilon) = \frac{r}{4N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} - \frac{r}{8N_{RP}} \left(3 + 4 \ln \frac{\sqrt{r}}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

$$\text{和期望误差 } E_{l,r-\delta}(\varepsilon) = \frac{3r}{4} + \frac{r^2}{16N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2, \text{ 其中, } R_{j+1} \text{ 表示第 } j+1 \text{ 个参考点的坐标位置; }$$

步骤四一四:依据步骤四一二和四一三中所获得的置信概率和期望误差获得近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$E_l(\varepsilon) = \text{Prob}_{l,\delta}(\varepsilon) E_{l,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{l,r-\delta}(\varepsilon) E_{l,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{8N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}.$$

4. 根据权利要求 2 所述的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法, 其特征在于在步骤四中, 获取近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$\begin{aligned} E_{2,2}(\varepsilon) &= \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) \\ &\approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} \end{aligned}$$

的具体方法为:

步骤四二一:使 KNN 定位法中近邻点数 $k = 2$;

步骤四二二:使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = \frac{1}{2}(d_j + d_{j+1})$, 确保 $P_j - P_T \leq P_T - P_{j+2}$,

且存在条件 : $\begin{cases} D_1 \leq d_j - \frac{\delta^2}{2(r-\delta)}, & \text{当 } 0 \leq \delta < r \\ D_1 \text{ 不存在,} & \text{当 } \delta = r \end{cases}$, 依据所述条件获得置信概率

$$\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) = 1 + \frac{r}{4N_{\text{RP}}} \left(3 + 2 \ln \frac{r}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} - \frac{r}{2N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

和期望误差 $E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}} \approx \frac{r}{4} - \frac{r^2}{4N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$;

步骤四二三 : 使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = \frac{1}{2}(d_{j+1} + d_{j+2})$, 确保 $P_j - P_T > P_T - P_{j+2}$,

且存在 $\begin{cases} \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = 1 - \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) \\ E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{3r}{2} - E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) \end{cases}$, 则获得置信概率

$$\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{r}{2N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j} - \frac{r}{4N_{\text{RP}}} \left(3 + 2 \ln \frac{r}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

和期望误差 $E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{5r}{4} + \frac{r^2}{4N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$, 其中, d_{j+2} 表示

第 j+2 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离 ;

步骤四二四 : 依据步骤四二二和四二三中所获得的置信概率和期望误差获得近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$\begin{aligned} E_{2,2}(\varepsilon) &= \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) \\ &\approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{2N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j} \end{aligned}$$

基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及模式识别领域,具体涉及一种基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法。

背景技术

[0002] 根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》、《国家“十一五”科学技术发展规划》以及《863 计划“十一五”发展纲要》等国家级科技战略规划文件的部署,地球观测与导航技术领域被列为重点前沿探索课题。其中,“高精度无缝导航定位技术”更是成为该领域中的重要子课题而受到广泛的关注。对于未来移动用户而言,不但需要获取开阔环境下的位置信息,在室内环境下对定位信息的需求也与日俱增。诸如像在写字楼、学校、医院、酒店、飞机场、火车站、仓库、地下停车场、监狱、军事训练基地等室内环境中,更是需要定位信息来实现对资源在可用空间内的高效管理。因此,如何满足日益增长的室内定位需求,已经成为当今对地观测研究领域中的一个重要研究课题。随着社会信息化的发展,作为人们日常的主要活动场所,室内环境中的位置信息感知服务有着越来越强烈的需求,对室内定位技术的研究将极大地推动我国信息产业的发展和普及。

[0003] 在开阔的室外环境中,全球定位系统 GPS(Global Position System) 虽然可以提供精确的定位信息,而且技术相对成熟,但在被混凝土所包围的室内环境下却难以发挥作用。近年来,近距离无线电技术的高速发展使得室内定位技术突飞猛进。一般来说,室内定位可以采用传感器技术,该技术通过预先部署的传感器及其传输网络,感知进入特定区域的物体而完成定位。典型的系统如红外传感定位系统、振动 / 声音传感定位系统、超宽带定位系统等。然而利用传感器技术的室内定位系统需要专门增加硬件设施,设备资金投入大,效果却不尽理想。受限于传感器的感知范围和传感网络部署,无法提供大范围的定位服务覆盖,定位精度也由于传感器的类型不同而有很大差别。

[0004] 目前,无线局域网 WLAN(Wireless Local Area Network) 已经在世界范围内被广泛部署。有鉴于此,国内外学者相继提出利用 WLAN 来实现室内定位。这样,用户不仅能够享受 WLAN 方便快捷的信息传输,同时也能够即时获取位置信息,从而增强了 WLAN 的功能,可谓一举两得。这种定位方法最重要的优点是,它不需要在现有 WLAN 网络中增加任何硬件,而只是用软件的方法来实现定位,且定位精度也能够满足一定的应用需求。WLAN 室内定位主要采用位置指纹技术。位置指纹技术是利用参考点(Reference Point) 的信号特征参数来区分位置的差异。信号特征参数一般指信号强度 RSS(Received Signal Strength) 或信噪比 SNR(Signal Noise Ratio)。如果将一组指纹信息对应到一个特定的位置区域,就形成了该区域的信号覆盖图(RadioMap)。基于位置指纹的 WLAN 室内定位匹配算法,就是通过实地测量某处来自接入点 AP(Access Point) 的信号特征参数,与 Radio map 中的 RSS 进行匹配求解并最终确定用户的实际物理位置。这种方法在定位精度、环境适应性、经济成本等方面综合优势明显,可以说正在成为未来室内定位技术的首选。

[0005] KNN(K Nearest Neighbors) 定位法由于算法简单、精度较高且研究成熟而在 WLAN

室内定位中得到广泛的应用,其充分利用测试点 i 与不同参考点处信号强度的欧式距离进行加权计算,根据空间近邻点具有相似信号特征准则来估计测试点 i 的实际位置,最早出现的微软 RADAR 室内定位系统就利用了这种方法。然而,该方法存在的一个主要问题是,系统的定位精度在很大程度上依赖于近邻点数的选择,即不同近邻点数所对应的 KNN 方法之间存在很大的性能差异。

发明内容

[0006] 为了解决现有的 WLAN 室内 KNN 定位方法中,因近邻点数选取不当所导致的定位精度恶化的问题,本发明提供了一种基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法。

[0007] 本发明的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法,它的定位过程为:

[0008] 步骤一:针对室内环境布置多个接入点 AP,确保所述环境中任意一点被一个或一个以上的接入点 AP 发出的信号覆盖,并在所述室内环境中均匀设置 N_{RP} 个参考点;

[0009] 步骤二:选取一个参考点为坐标原点 O_0 ,建立二维直角坐标系,获得 N_{RP} 个参考点在该二维直角坐标系中的坐标位置,并在每个参考点上利用信号接收机采集来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值,依据每一个参考点的坐标位置和所述参考点采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值建立位置指纹数据库;

[0010] 步骤三:获取测试点 i 采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值,并利用近邻点数 k 为 2 的 KNN 定位法,依据位置指纹数据库中的位置指纹样本信息对测试点 i 的位置进行预估计,获得测试点 i 的预估计位置;

[0011] 步骤四:获取近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_1(\varepsilon)$ 和近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差 $E_{1,2}(\varepsilon)$;

[0012] 步骤五:判断 $E_1(\varepsilon) \leq E_{2,2}(\varepsilon)$,如果是,选取近邻点数 k = 1 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数,否则选取近邻点数 k = 2 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数;

[0013] 步骤六:利用最优近邻点数下的 KNN 定位法,估计测试点 i 的坐标位置,实现 WLAN 室内 KNN 定位。

[0014] 本发明的有益效果为:本发明通过最大理论期望精度准则,来判断最优的近邻点数的取值,有效选取了在 WLAN 室内环境下, KNN 定位法中的近邻点数,从而提高了 WLAN 室内 KNN 定位方法的有效性与可靠性。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法流程图;

[0016] 图 2 是本发明的具体实施方式三所述的室内实验场景示意图,其中,▲表示接入点 AP;图 3 是本发明的具体实施方式三所述的办公室 Nr. 01 作定位区域示意图,其中,●表示参考点,◇表示测试点;图 4 是本发明的具体实施方式三所述的走廊 Nc. 01、Nc. 02、Nc. 03 作定位区域示意图;图 5 是本发明的具体实施方式一所述的位置指纹数据库的数据结构示意图;图 6 是本发明的具体实施方式二所述的 KNN 定位法的理论期望精度推导的模型示意图;图 7 是本发明的具体实施方式三所述的在走廊环境下 KNN 定位法在不同近邻点数条件

下的实验结果示意图 ;图 8 是具体实施方式三所述的办公室环境下 KNN 定位法在不同近邻点数条件下的实验结果示意图。

具体实施方式

[0017] 具体实施方式一 :根据说明书附图 1 和 5 具体说明本实施方式,本实施方式所述的基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法,它的定位过程为 :

[0018] 步骤一 :针对室内环境布置多个接入点 AP,确保所述环境中任意一点被一个或一个以上的接入点 AP 发出的信号覆盖,并在所述室内环境中均匀设置 N_{RP} 个参考点;

[0019] 步骤二 :选取一个参考点为坐标原点 O_c ,建立二维直角坐标系,获得 N_{RP} 个参考点在该二维直角坐标系中的坐标位置,并在每个参考点上利用信号接收机采集来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值,依据每一个参考点的坐标位置和与所述参考点采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值建立位置指纹数据库,所述位置指纹数据库中的每一个坐标位置和与所述坐标位置相应的参考点采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值作为一个位置指纹样本存储在所述位置指纹数据库中,所述位置指纹数据库中存储有 N_{RP} 个位置指纹样本;

[0020] 步骤三 :获取测试点 i 采集的来自每一个接入点 AP 的信号强度 RSS 值,并利用近邻点数 k 为 2 的 KNN 定位法,依据位置指纹数据库中位置指纹样本信息对测试点 i 的位置进行预估计,获得测试点 i 的预估计位置;

[0021] 步骤四 :获取近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$E_1(\varepsilon) = \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon)E_{1,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon)E_{1,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{8N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

和近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

[0022]

$$E_{2,2}(\varepsilon) = \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)$$

$$\approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

[0024] ,其中, ε 表示理论误差, r 表示相邻参考点之间的欧几里得距离, $\text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 1、定位误差为 δ 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为 $E_{1,\delta}(\varepsilon)$ 的置信概率,定位误差 δ 表示测试点 i 与第 j 个参考点之间的欧几里得距离, $\text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 1、定位误差为 $r-\delta$ 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为 $E_{1,r-\delta}(\varepsilon)$ 的置信概率, d_j 表示第 j 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得

距离, $\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法满足理论期望误差为

$E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 的置信概率, $E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法在满足条件 $P_j - P_T \leq P_T - P_{j+2}$ 下的理论期望误差, P_j 表示第 j 个参考点处采集到的信号功率, P_{j+2} 表示第 $j+2$ 个参考点处采集到的信号功率, P_T 表示测试点 i 处采集到的信号功率,

$E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)$ 表示近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法在满足条件 $P_j - P_T > P_T - P_{j+2}$ 下的理论期望误差;

[0025] 步骤五: 判断 $E_1(\varepsilon) \leq E_{2,2}(\varepsilon)$, 如果是, 选取近邻点数 $k = 1$ 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数, 否则选取近邻点数 $k = 2$ 为应用 KNN 定位法定位测试点 i 位置的最优近邻点数;

[0026] 步骤六: 利用最优近邻点数下的 KNN 定位法, 估计测试点 i 的坐标位置, 实现 WLAN 室内 KNN 定位。

[0027] 具体实施方式二: 根据说明书附图 6 具体说明本实施方式, 本实施方式是对具体实施方式一的进一步说明, 具体实施方式一中在步骤四中, 获取近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

$$E_1(\varepsilon) = \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon)E_{1,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon)E_{1,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{8N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

的具体方法为:

[0028] 步骤四一一: 使 KNN 定位法中近邻点数 $k = 1$;

[0029] 步骤四一二: 使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = R_j$, 定位误差为 δ , 确保

$$P_j - P_T \leq P_T - P_{j+1}, \text{ 其 中, } \begin{cases} P_T = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_T - D_1)] \\ P_j = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_j - D_1)] \\ P_{j+1} = P_0 - [f(f_s) + 20 \lg(d_{j+1} - D_1)] \end{cases}, \text{ 且 存 在 条 件 :}$$

$$\begin{cases} D_1 \leq d_j - \frac{\delta^2}{r - 2\delta}, & \text{当 } 0 \leq \delta < \frac{r}{2} \\ D_1 \geq d_j - \frac{\delta^2}{r - 2\delta}, & \text{当 } \frac{r}{2} < \delta \leq r \\ D_1 \text{ 不 存 在,} & \text{当 } \delta = \frac{r}{2} \end{cases}, \text{ 依 据 所 述 条 件 获 得 置 信 概 率}$$

[0030]

$$\text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon) = 1 + \frac{r}{8N_{\text{RP}}} \left(3 + 4 \ln \frac{\sqrt{r}}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} - \frac{r}{4N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

[0031] 和期望误差 $E_{1,\delta}(\varepsilon) = \frac{r}{4} - \frac{r^2}{16N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$

[0032] 其中, R_j 表示第 j 个参考点的坐标位置, P_{j+1} 表示第 $j+1$ 个参考点处采集到的来自每一个接入点 AP 的信号功率, P_0 表示每一个接入点 AP 的发射功率, f_s 表示 WLAN 信号频率, $f(f_s)$ 为常数, d_i 表示测试点 i 与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, d_{j+1} 表示第 $j+1$ 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, D_1 表示每一个接入点 AP 与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离, $O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$ 表示 $\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$ 的高阶量;

[0033] 步骤四一三: 使测试点 i 的预估计位置 $d_i^* = R_{j+1}$, 定位误差为 $r - \delta$, 确保 $P_j - P_i > P_i - P_{j+1}$, 且存在 $\begin{cases} \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon) = 1 - \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon) \\ E_{1,r-\delta}(\varepsilon) = r - E_{1,\delta}(\varepsilon) \end{cases}$, 则获得置信概率

$$\text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon) = \frac{r}{4N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j} - \frac{r}{8N_{\text{RP}}} \left(3 + 4 \ln \frac{\sqrt{r}}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2 \text{ 和期}$$

$$\text{望误差 } E_{1,r-\delta}(\varepsilon) = \frac{3r}{4} + \frac{r^2}{16N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2, \text{ 其中, } R_{j+1} \text{ 表示第 } j+1 \text{ 个参}$$

考点的坐标位置;

[0034] 步骤四一四: 依据步骤四一二和四一三中所获得的置信概率和期望误差获得近邻点数 k 为 1 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

[0035]

$$E_1(\varepsilon) = \text{Prob}_{1,\delta}(\varepsilon) E_{1,\delta}(\varepsilon) + \text{Prob}_{1,r-\delta}(\varepsilon) E_{1,r-\delta}(\varepsilon) \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{8N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j}.$$

[0036] 具体实施方式三: 根据说明书附图 2、3、4、7 和 8 具体说明本实施方式, 本实施方式是对具体实施方式一或二的进一步说明, 具体实施方式一或二中在步骤四中, 获取近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

[0037]

$$E_{2,2}(\varepsilon) = \text{Prob}_{2,2,d_i+\frac{r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_i+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_i+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) E_{2,2,d_i+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)$$

$$[0038] \approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

[0039] 的具体方法为：

[0040] 步骤四二一：使 KNN 定位法中近邻点数 $k = 2$ ；

[0041] 步骤四二二：使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = \frac{1}{2}(d_j + d_{j+1})$ ，确保

$$P_j - P_T \leq P_T - P_{j+2}, \text{且存在条件 : } \begin{cases} D_1 \leq d_j - \frac{\delta^2}{2(r-\delta)}, & \text{当 } 0 \leq \delta < r \\ D_1 \text{ 不存在,} & \text{当 } \delta = r \end{cases}, \text{依据所述条件获得置信概率}$$

信概率

[0042]

$$\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) = 1 + \frac{r}{4N_{RP}} \left(3 + 2 \ln \frac{r}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} - \frac{r}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

$$[0043] \text{ 和期望误差 } E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}} \approx \frac{r}{4} - \frac{r^2}{4N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2;$$

[0044] 步骤四二三：使测试点 i 的预估计位置 $d_T^* = \frac{1}{2}(d_{j+1} + d_{j+2})$ ，确保 $P_j - P_T > P_T - P_{j+2}$ ，且存在

$$\begin{cases} \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = 1 - \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) \\ E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{3r}{2} - E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) \end{cases}, \text{则获得置信概率}$$

[0045]

$$\text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{r}{2N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{\ln d_j}{d_j} - \frac{r}{4N_{RP}} \left(3 + 2 \ln \frac{r}{2} \right) \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2$$

$$[0046] \text{ 和期望误差 } E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon) = \frac{5r}{4} + \frac{r^2}{4N_{RP}} \sum_{j=1}^{N_{RP}} \frac{1}{d_j} + O\left(\frac{1}{d_j}\right)^2,$$

其中， d_{j+2} 表示第 $j+2$ 个参考点与二维直角坐标系中坐标原点 O_c 之间的欧几里得距离；

[0047] 步骤四二四：依据步骤四二二和四二三中所获得的置信概率和期望误差获得近邻点数 k 为 2 时的 KNN 定位法关于测试点 i 在预估计位置上的理论期望误差

[0048]

$$E_{2,2}(\varepsilon) = \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{r}{2}}(\varepsilon) + \text{Prob}_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)E_{2,2,d_j+\frac{3r}{2}}(\varepsilon)$$

[0049]
$$\approx \frac{r}{4} + \frac{r^2}{2N_{\text{RP}}} \sum_{j=1}^{N_{\text{RP}}} \frac{\ln d_j}{d_j}$$

[0050] 本实施方式是在分别讨论 KNN 定位法在不同近邻点数情况下获得的理论期望精度为依据,选取最优近邻点数来完成 WLAN 室内 KNN 定位的,其中,在近邻点数 $k \geq 3$ 条件下,

[0051] 不妨设:

[0052]

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{存在 } N_1 \text{ 个近邻参考点, 满足 } d_s < d_{j+1} \\ \text{即: } s = j - N_1 + 1, j - N_1 + 2, \dots, j \\ \text{存在 } N_2 \text{ 个近邻参考点, 满足 } d_t > d_{j+1} \\ \text{即: } t = j + 2, j + 3, \dots, j + N_2 + 1 \\ k = N_1 + N_2 + 1 \end{array} \right. \quad (21)$$

[0053] 于是,可以得到:

[0054]
$$d_T^* = d_{j+1} + \frac{N_2 - N_1}{2} r = d_{j+1} + \frac{\xi}{2} r, \quad \xi \in N \quad (22)$$

[0055] 由上式可知,当 $\xi = -2$ 或 0 时,等价于近邻点数 $k = 1$ 的情况;当 $\xi = -1$ 或 1 时,等价于 $k = 2$ 的情况;当 ξ 取其它值时,定位误差相对于近邻点数 $k = 1$ 的情况和近邻点数 $k = 2$ 的情况更大。因此, $k \geq 3$ 条件下的 KNN 定位法可完全由近邻点数 $k = 1$ 和近邻点数 $k = 2$ 的情况所取代。

[0056] 针对本实施方式,进行实例分析:

[0057] 在图 2 所示的室内场景中进行实验,其中, Nr. 01、Nr. 02、Nr. 03、Nr. 04、Nr. 05、Nr. 06、Nr. 07、Nr. 08 和 Nr. 09 分别表示办公室编号, Nc. 01、Nc. 02 和 Nc. 03 分别表示走廊编号, 表示电梯, 实验场景面积为 $66.4 \times 24.9 \text{ m}^2$, 高度 3m, 砖质墙面, 铝合金窗户和金属门, 拥有 9 个接入点 AP 且放置在同一楼层, 且用第一接入点 AP1, 第二接入点 AP2, …, 第九接入点 AP9 标示, 箭头标志为 1 至 9 号接入点 AP 放置的位置, 各接入点 AP 的型号为 Linksys WAP54G, 固定在 2m 高度, 支持 IEEE 802.11b/g 标准, 传输速率 54Mbps, 信号接收机采用装有 Intel PRO/Wireless 3945ABG 无线网卡的 ASUS A8F 笔记本电脑, 信号接收机距地面 1.2m。

[0058] 选择图 2 中的办公室 Nr. 01 和走廊 Nc. 01、Nc. 02、Nc. 03 作为验证本发明有效性的定位区域, 其中办公室 Nr. 01 作定位区域的示意图参见图 3 所示, 走廊 Nc. 01、Nc. 02、Nc. 03 作定位区域的示意图参见图 4 所示, 其中, 参考点 j 和测试点 i 的位置如图 3 和图 4 所示, 所述定位区域中包括 79 个参考点和 8 个测试点 i, 且 RPj ($j = 1, \dots, 79$) 和 TPi ($i = 1, \dots, 8$) 分别表示第 j 个参考点和测试点 i, 坐标原点 O_c 位于参考点 RP21 处, 所述定位区域结构

规则,覆盖性能较好,在定位区域中的任意位置处,均能检测到至少来自 5 个不同 AP 的 WLAN 信号强度 RSS 样本值,在每个参考点和测试点处,分别进行 3 分钟和 1 分钟的 WLAN 信号采集,其中参考点 RP21 处采集的 WLAN 信号强度 RSS 样本值,如表 1 所示。

[0059] 图 7 给出了走廊环境下 KNN 定位法在不同近邻点数条件下的实验结果,其中,曲线 1 表示测试点为 TP1 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 2 表示测试点为 TP2 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 3 表示测试点为 TP3 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 4 表示测试点为 TP4 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 5 表示测试点为 TP5 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 U 表示测试点为 TP1、TP2、TP3、TP4 和 TP5 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的平均定位误差。

[0060] 图 8 给出了办公室环境下 KNN 定位法在不同近邻点数条件下的实验结果,其中,曲线 6 表示测试点为 TP6 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 7 表示测试点为 TP7 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 8 表示测试点为 TP8 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的定位误差,曲线 V 表示测试点为 TP6、TP7 和 TP8 时在不同近邻点数条件下 KNN 定位法获得的平均定位误差。

[0061] 显然,近邻点数 $k = 1$ 和 2 条件下的 KNN 定位法性能较其它条件更优,从而,对于基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位方法,仅需比较不同 AP 在预估计位置方向上, $KNN(k = 1)$ 和 $KNN(k = 2)$ 定位法的理论期望精度,即可得到估计测试点位置的最优近邻点数,以达到最优的定位性能。

[0062] 综上所述,基于近邻点数优化的 WLAN 室内 KNN 定位法相对于传统 KNN 定位法来说,在平均定位误差和计算效率方面,都有很大的优势。

[0063] 表 1 参考点 RP21 处采集的 WLAN 信号强度 RSS 样本值

[0064]

信号样本采集数据库				
日期	格林尼治时间	类型	无线 AP 标识	信号强度 RSS
3/8/2010	17:31:7:312	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:7:328	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:7:328	RSS	linksys_3	-89
3/8/2010	17:31:7:328	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:7:328	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:7:328	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_3	-90
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:7:843	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_3	-89
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:8:359	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:8:875	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:8:875	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:8:875	RSS	linksys_3	-88

[0065]

3/8/2010	17:31:8:875	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:8:875	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:8:890	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:9:390	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:9:390	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:9:390	RSS	linksys_3	-88
3/8/2010	17:31:9:390	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:9:406	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:9:406	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:13:78	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:13:78	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:13:93	RSS	linksys_3	-89
3/8/2010	17:31:13:93	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:13:93	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:13:93	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_3	-88
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:13:593	RSS	linksys_8	-62
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_9	-81
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_6	-77
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_3	-88
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_7	-43
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_5	-94
3/8/2010	17:31:14:109	RSS	linksys_8	-62

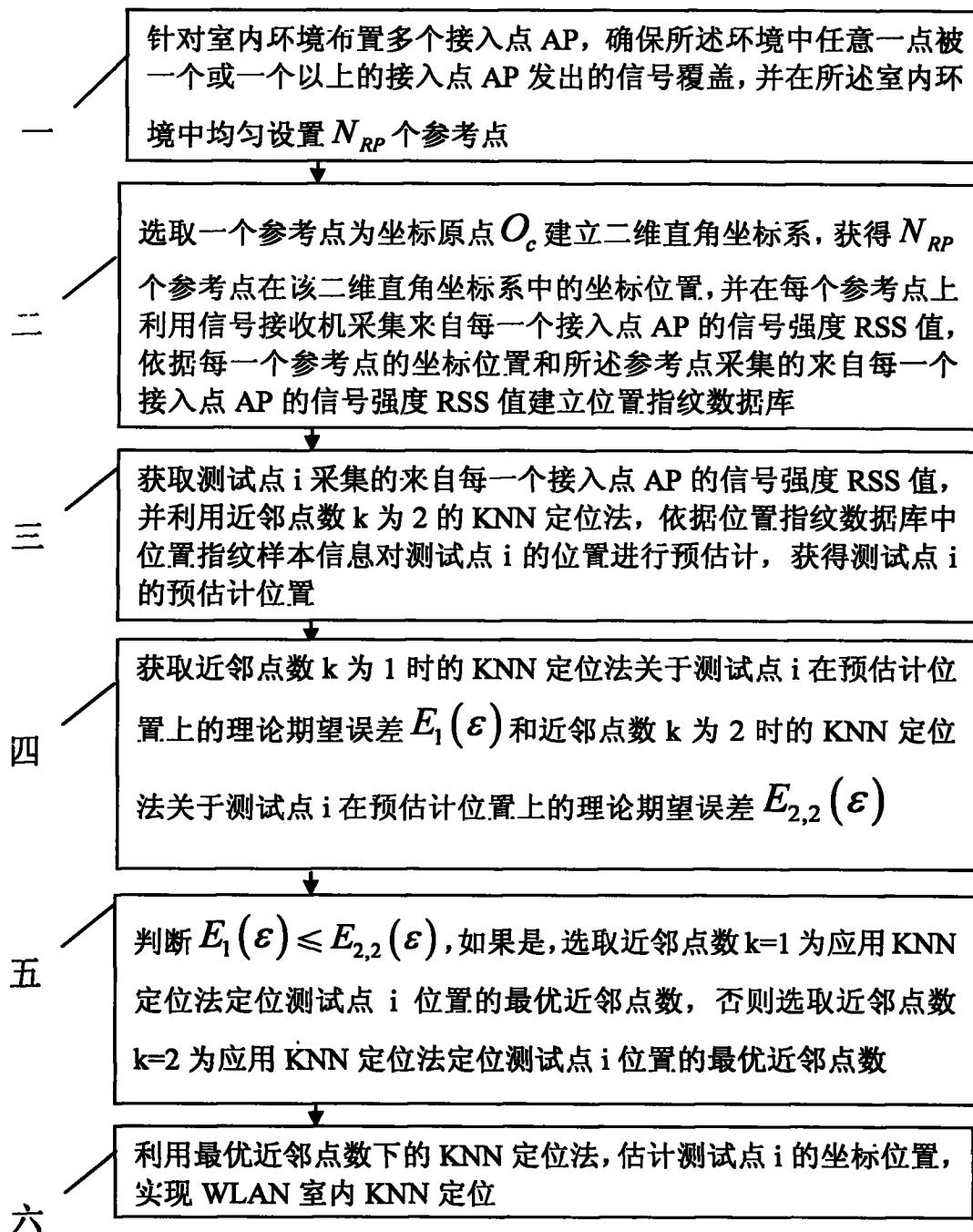


图 1

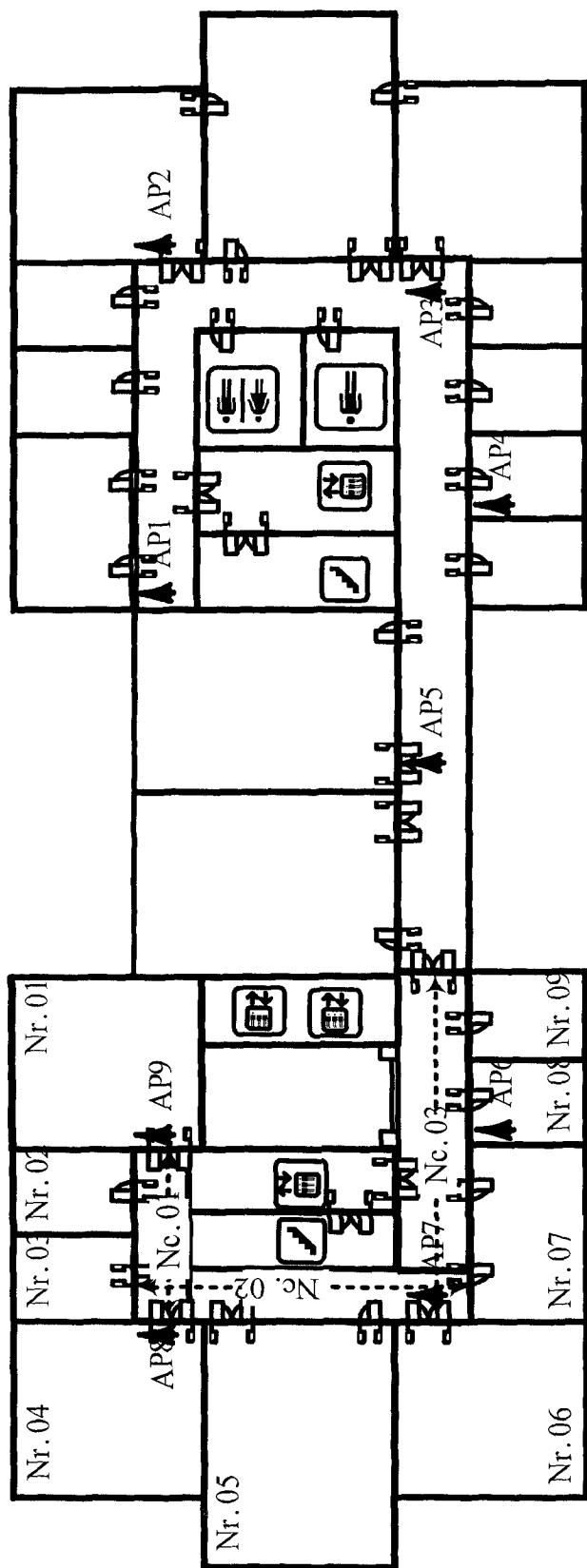


图 2

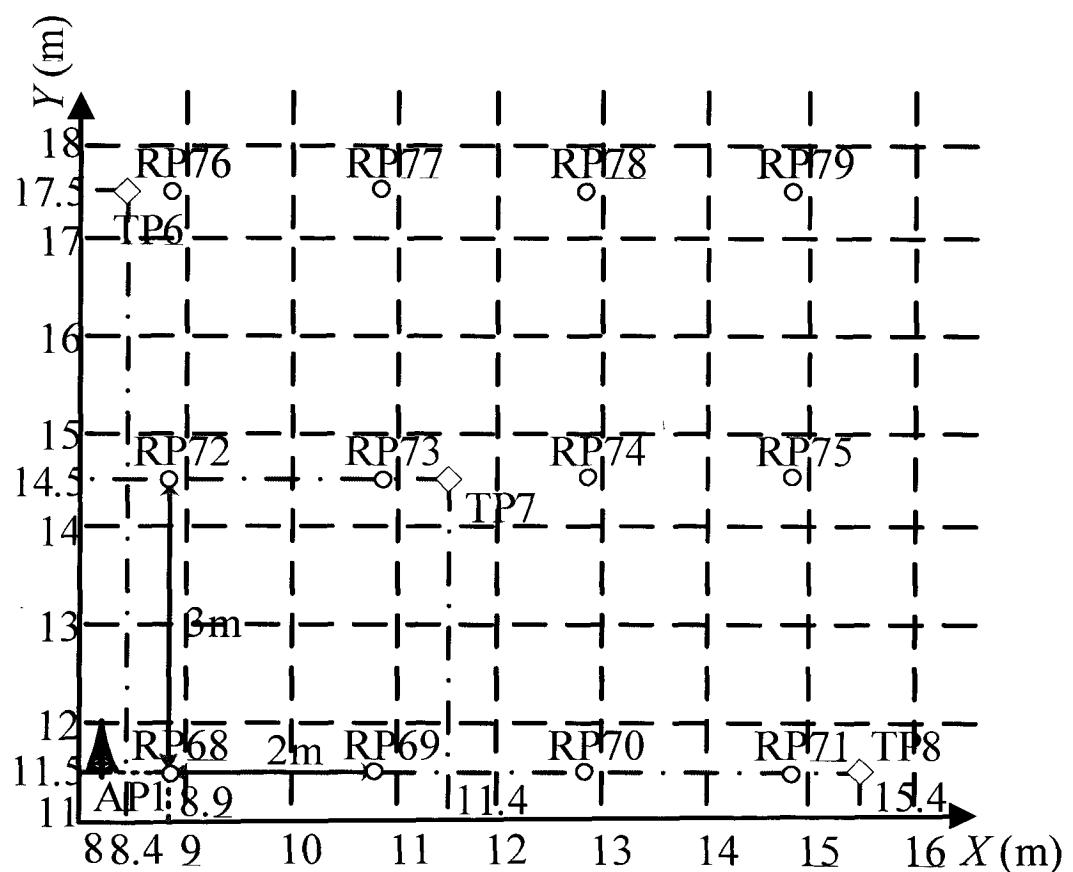


图 3

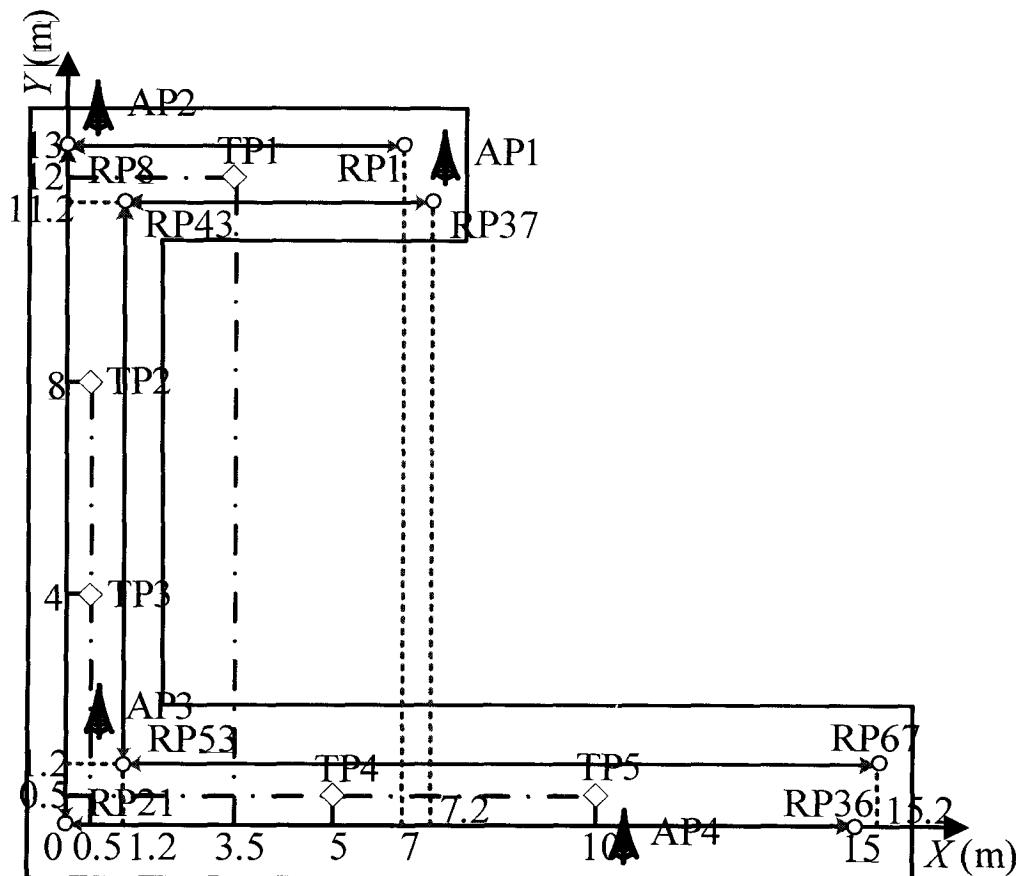


图 4

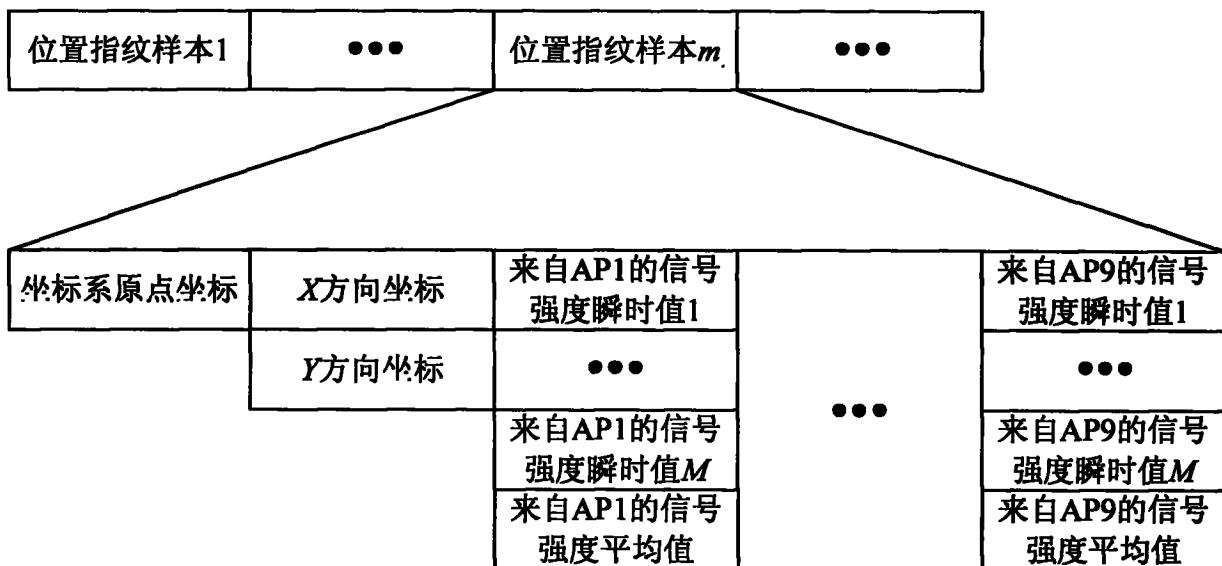


图 5

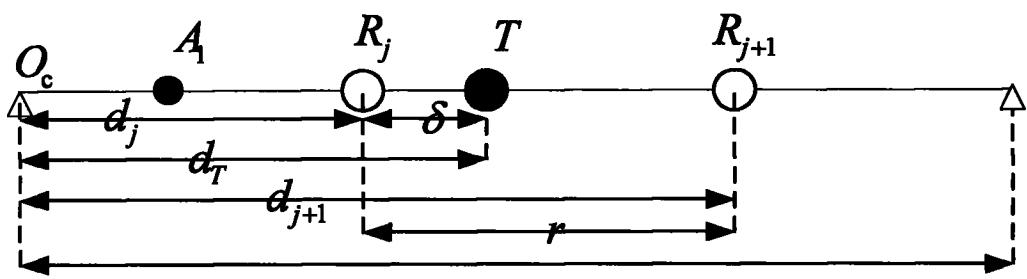


图 6

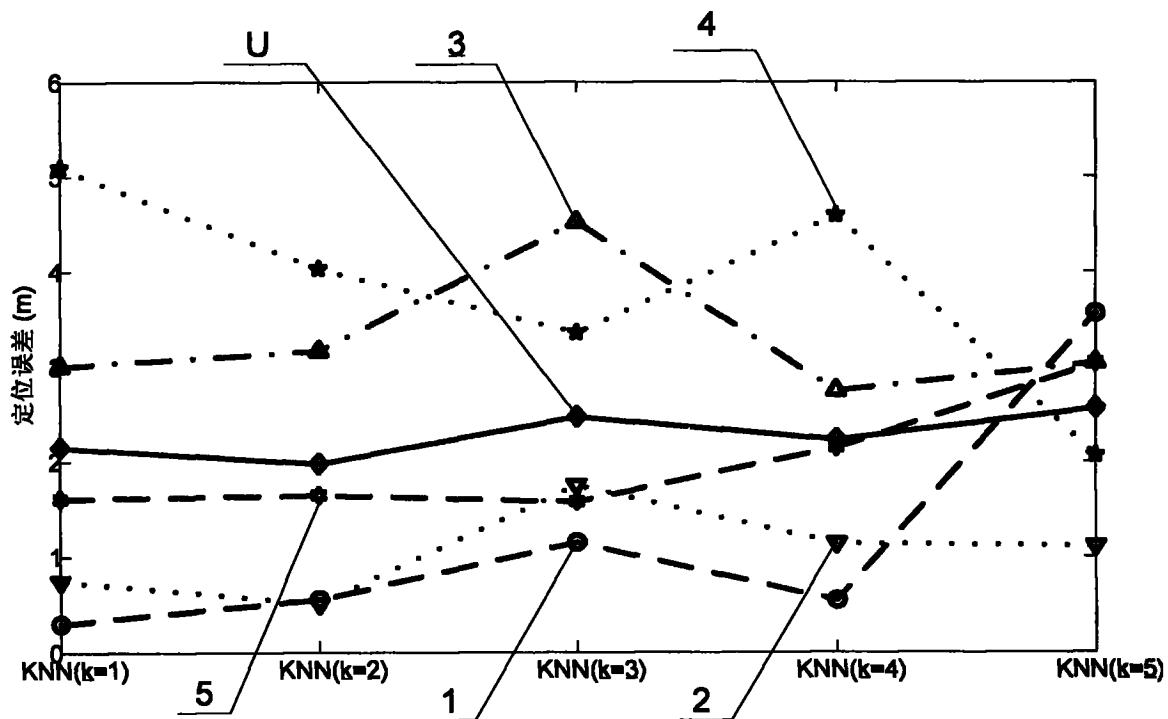


图 7

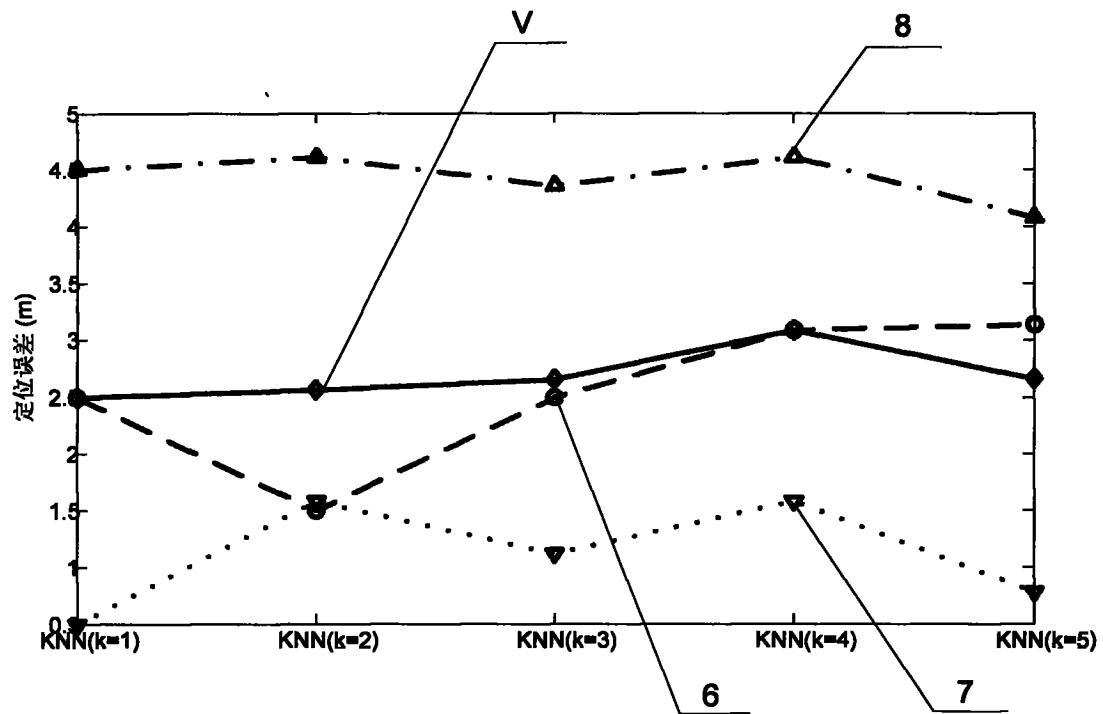


图 8