



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103744053 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201310743532. X

CN 101355409 A, 2009. 01. 28, 全文.

(22) 申请日 2013. 12. 30

CN 101587182 A, 2009. 11. 25, 全文.

CN 101799532 A, 2010. 08. 11, 全文.

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西源大道 2006 号

审查员 阎冬

(72) 发明人 郭贤生 储磊 李葆仓 张妍 卢书洲

(74) 专利代理机构 电子科技大学专利中心 51203

代理人 张杨

(51) Int. Cl.

G01S 5/02(2010. 01)

(56) 对比文件

US 8089407 B2, 2012. 01. 03, 全文.

US 2013/0260781 A1, 2013. 10. 03, 全文.

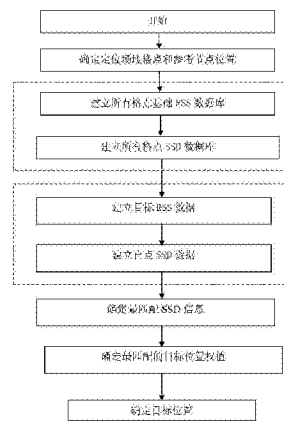
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法

(57) 摘要

该发明公开了一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法,该方法在建立数据库前首先在定位区域内按要求设立定位网格(格点位置分布)及信号监测器位置,然后利用多个信号监测器在各个信道、不同位置上采集的 RSS 数据建立含信号强度数据库、位置信息数据库在内的 RSS 数据库,再利用 RSS 数据库去建立 SSD 数据库;实时室内定位阶段,在定位区域内随机选取待定位点(目标),监测其 RSS 数据,利用这些 RSS 数据计算出目标 SSD 数据,然后利用目标 SSD 数据与综合 SSD 数据库进行匹配,挑选出数据库中最匹配的 SSD 数据,确定目标位置,从而具有对定位场地中的信号源进行实时、高精度的定位效果。



1. 一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法,该方法包括:

步骤 1. 设立定位网格及监测器位置:首先在定位区域内根据定位精度要求设立定位网格及设立监测器的位置,并记录各网格点的位置参数;

步骤 2. 组建 SSD 数据库:

步骤 2-1. 建立 RSS 数据库:首先将各监测器置于设立的位置处,再将建库信号源置于网格的某一格点处并在设定的所有信道上轮流发射信号,各监测器接收该信号源在各信道上发射的信号强度、连同该格点的位置参数一并作为一个 RSS 单元数据存储下来;然后将建库信号源置于定位网格中的其余格点处,采用相同的方式依次确定各格点与监测器之间的 RSS 单元数据并存储,上述得到的所有 RSS 单元数据一并组成 RSS 数据库;

步骤 2-2. 组建 SSD 数据库:把 RSS 数据库中所有监测器按照数学排列的方式进行两两组合,将所有组合中两个监测器接收到某一格点在各信道上发射的信号强度对应相减得到该格点的 SSD 数据,连同该格点位置参数一并作为一个 SSD 数据单元存储下来,然后采用相同方式得到其余各格点的 SSD 单元数据,上述得到的所有 SSD 单元数据一并组成 SSD 数据库;

步骤 3. 实时定位阶段:

步骤 3-1:收集目标 SSD 数据库信息:在定位区域内随机放置一目标信号源,然后在设定的所有信道上轮流发射信号,监测器收到信号后将收到的该目标在各信道上发射的信号强度按照步骤 2-2 的方式处理,建立该目标的 SSD 数据;

步骤 3-2. 实时定位阶段:我们将步骤 3 中得到的目标 SSD 数据与在步骤 2 中建立好的 SSD 数据库做比照,利用最优矢量匹配方法筛选出 SSD 数据库中与之最匹配的 SSD 数据,该格点的位置即为目标位置。

2. 如权利要求 1 所述的一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法,其特征在于设定 ρ 个监测器,16 个信道,每个监测器重复测定 j 次信号源在各信道的信号强度,将测得数据以 $16\rho \times j$ 的矩阵作为一个单元数据存储下来。

3. 如权利要求 1 所述的一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法,其特征在于利用公式:

$$\varphi_{i,k} = \min_j \left(\left\| \mathbf{r}_{ik,j}^{\text{SSD}} - \mathbf{r}_{ik}^{\text{SSD}} \right\|_2 \right)$$

选出 SSD 数据库中一组与目标 SSD 数据最匹配的 SSD 数据;

其中: $\mathbf{r}_{ik}^{\text{SSD}}$ 为目标的 SSD 数据, k 为不同的监测器组合, i 为不同的格点;再用公式:

$$\mathbf{PE} = \min_i \left(\sum_{k=1}^{28} (\varphi_{i,k}) \right)$$

综合最匹配的 SSD 数据,计算出 PE 即目标的估计位置。

一种采用多信道矢量匹配的室内定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于对室内无线传播的信号源进行定位的方法,特别是利用基于 SSD(Signal Strength Difference 信号强度差)数据库中的多信道矢量匹配方法对信号源目标进行室内定位的方法。

背景技术

[0002] 随着现代通信技术和无线网络的快速发展,人们对室内定位和导航的需求日益增大,尤其在复杂的室内环境,如医院、机场大厅、展厅、仓库、超市、图书馆、地下停车场、矿井等环境中,室内定位技术表现出十分广阔的发展前景和商业应用价值。中国专利 201010028128 《一种采用单站多信道的室内定位方法》,即利用 RSS(Received Signal Strength 接收信号强度)匹配的定位方法。该方法首先建立各格点的 RSS 数据库,需要定位时监测器接收到目标的 RSS 数据,通过将目标的 RSS 数据与先前建立的 RSS 数据库相匹配,挑选出 RSS 数据库中与目标最匹配的 RSS 数据,其对应的位置即为目标的位置。该方法虽然可以在一定程度上克服了传统的室内无线定位技术受非视距传输效应、多径传播效应、信号衰减规律复杂等因素的影响,但是实际定位时由于定位环境中大量人员走动、大体积物体移动等造成的实际定位环境与建库定位环境差异和由于实际定位与建库定位时信号源发射天线可能由不同生产商提供造成的信号源发射天线差异对 RSS 的影响仍然存在,影响定位精度。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对利用 RSS 这个信号特征的室内定位系统中各自存在的缺陷,研究设计一种基于 SSD 的多信道矢量匹配方法,采用样本 RSS 数据库建立多信道 SSD 数据库,克服室内定位环境差异和信号源发射天线差异等对实时定位产生的影响,从而达到对定位场地的信号源实施实时、高精度的定位。

[0004] 本发明的解决方案是:建立数据库前首先在定位区域内按要求设立定位网格(格点位置分布)及信号监测器位置,然后利用多个信号监测器在各个信道、不同位置上采集的 RSS 数据建立含信号强度数据库、位置信息数据库在内的 RSS 数据库,再利用 RSS 数据库去建立 SSD 数据库;实施室内定位阶段,在定位区域内随机选取待定位点(目标),监测其 RSS 数据,利用这些 RSS 数据计算出目标 SSD 数据,然后利用目标 SSD 数据与综合 SSD 数据库进行匹配,挑选出数据库中最匹配的 SSD 数据,确定目标位置,从而实现其发明目的。因此,本发明方法包括:

[0005] 步骤 1. 设立定位网格及监测器位置:首先在定位区域内根据定位精度要求设立定位网格及设立监测器的位置,并记录各网格点的位置参数;

[0006] 步骤 2. 组建 SSD 数据库:

[0007] 步骤 2-1. 建立 RSS 数据库:首先将各监测器置于设立的位置处,再将建库信号源置于网格的某一格点处并在设定的所有信道上轮流发射信号,各监测器接收该信号源在各

信道上发射的信号强度、连同该格点的位置参数一并作为一个 RSS 单元数据存储下来；然后将建库信号源置于定位网格中的其余格点处，采用相同的方式依次确定各格点与监测器之间的 RSS 单元数据并存储，上述得到的所有 RSS 单元数据一并组成 RSS 数据库；

[0008] 步骤 2-2. 组建 SSD 数据库：把 RSS 数据库中所有监测器按照数学排列的方式进行两两组合，将所有组合中两个监测器接收到某一格点在各信道上发射的信号强度对应相减得到该格点的 SSD 数据，连同该格点位置参数一并作为一个 SSD 数据单元存储下来，然后采用相同方式得到其余各格点的 SSD 单元数据，上述得到的所有 SSD 单元数据一并组成 SSD 数据库；

[0009] 步骤 3. 实时定位阶段：

[0010] 步骤 3-1：收集目标 SSD 数据库信息：在定位区域内随机放置一目标信号源，然后在设定的所有信道上轮流发射信号，监测器收到信号后将收到的该目标在各信道上发射的信号强度按照步骤 2-2 的方式处理，建立该目标的 SSD 数据。

[0011] 步骤 3-2. 实时定位阶段：我们将步骤 3 中得到的目标 SSD 数据与在步骤 2 中建立好的 SSD 数据库做比照，利用最优矢量匹配方法筛选出 SSD 数据库中与之最匹配的 SSD 数据，该格点的位置即为目标位置。

[0012] 步骤 2-1 中设定 ρ 个监测器，16 个信道，每个监测器重复测定 j 次信号源在各信道的信号强度，将测得数据以 $16\rho \times j$ 的矩阵作为一个单元数据存储下来。

[0013] 步骤 3-2 中利用公式：
$$\varphi_{i,k} = \min_j \left(\left\| \mathbf{r}_{i,k,j}^{\text{SSD}} - \mathbf{r}_{i,k}^{\text{SSD}} \right\|_2 \right)$$
 选出 SSD 数据库中一组与目标 SSD 数据最匹配的 SSD 数据；

[0014] 其中： $\mathbf{r}_{i,k}^{\text{SSD}}$ 为目标的 SSD 数据， k 为不同的监测器组合， i 为不同的格点；

[0015] 再用公式：
$$\mathbf{PE} = \min_i \left(\sum_{k=1}^{28} (\varphi_{i,k}) \right)$$
 综合最匹配的 SSD 数据，计算出 PE 即目标估计位置。

[0016] 本发明采用建立的 RSS 数据库去组建多信道 SSD 数据库，再利用 SSD 数据库进行目标位置估计，避开了稳健性不强的 RSS 信息对定位效果的影响，同时利用多信道 SSD 矢量匹配的办法消除了室内定位中因环境差异和信号源发射天线差异等对实时定位产生的影响，从而具有对定位场地中的信号源进行实时、高精度的定位效果。

附图说明

[0017] 图 1 为本发明方法流程示意图；

[0018] 图 2 为本发明中实验场地平面示意图；

[0019] 图 3 为本发明多信道 SSD 矢量数据库建立过程中的 RSS 测量样本与 SSD 测量样本的比较图；

[0020] 图 4 为定位的误差曲线图。

具体实施方式

[0021] 1. 实验场地布置:训练点和监测器位置设定

[0022] 在一间 20.4m×10.8m 的实验室里面,如附图 2 所示,在实验室中间区域设立 400 个格点,为了说明方便,给出 400 个格点中处于端点的四个格点位置坐标(单位均为米),它们依次是(2.4,0.3)、(17.4,0.3)、(17.4,9.9)、(2.4,9.9)。格点之间,左右上下均相距 0.6 米,其位置坐标可以次类推。8 个监测器的坐标依次是 RN1(0,10.2)、RN2(9.9,10.2)、RN3(19.8,10.2)、RN4(19.8,0)、RN5(9.9,0)、RN6(0,0)、RN7(6.15,5.1)、RN8(13.65,5.1)。

[0023] 2. 组建 SSD 数据库

[0024] 2-1. 建立 RSS 矢量数据库

[0025] 为了说明方便,在此举一个格点为例。将信号源置于第 i 个格点(2.4,0.3)处,然后信号源在 16 个信道上轮流发射信号,每个监测器 ρ 将接收到的信号强度存储到 RSS 矢量 $\mathbf{r}_\rho^{\text{RSS}}$ 中,重复测数据 $j = 12$ 次。在第 i 个格点处的数据为一个 128×12 的矩阵 $\mathbf{r}_i^{\text{RSS}}$ 。

[0026] $\mathbf{r}_i^{\text{RSS}} = \{\mathbf{r}_{i,\rho}^{\text{RSS}}\}; \rho = 1, 2, \dots, 8; j = 1, 2, \dots, 12$. 矩阵 $\mathbf{r}_i^{\text{RSS}}$ 和格点 i 的坐标(2.4, 0.3) 将作为第 i 个格点的单元数据保存下来。

[0027] 在此分别仅列出一次测量中所有监测器收到的数据(单位为 dBm):

[0028]

$$\mathbf{r}_{8,1}^{\text{RSS}} = [-68.5 \quad -70.4 \quad -69.4 \quad -68.3 \quad -69.6 \quad -68.9 \quad -69.4 \quad -70.2 \quad -67.4 \quad -70.0 \\ -69.1 \quad -69.7 \quad -67.4 \quad -69.0 \quad -70.0 \quad -68.7];$$

[0029]

$$\mathbf{r}_{7,1}^{\text{RSS}} = [-59.8 \quad -59.6 \quad -59.6 \quad -61.1 \quad -60.4 \quad -60.0 \quad -60.6 \quad -61.6 \quad -62.0 \quad -61.1 \\ -59.5 \quad -59.4 \quad -60.5 \quad -61.5 \quad -58.7 \quad -60.9];$$

[0030]

$$\mathbf{r}_{6,1}^{\text{RSS}} = [-47.4 \quad -50.5 \quad -48.4 \quad -50.1 \quad -49.4 \quad -46.9 \quad -49.2 \quad -48.1 \quad -49.0 \quad -48.6 \\ -49.5 \quad -49.0 \quad -48.9 \quad -49.0 \quad -47.8 \quad -47.1];$$

[0031]

$$\mathbf{r}_{5,1}^{\text{RSS}} = [-64.6 \quad -64.2 \quad -66.2 \quad -64.6 \quad -65.3 \quad -64.8 \quad -63.5 \quad -62.3 \quad -63.7 \quad -63.0 \\ -64.7 \quad -63.1 \quad -65.5 \quad -65.0 \quad -64.5 \quad -64.3];$$

[0032]

$$\mathbf{r}_{4,1}^{\text{RSS}} = [-77.9 \quad -75.2 \quad -74.8 \quad -76.0 \quad -75.4 \quad -75.9 \quad -77.2 \quad -78.1 \quad -76.2 \quad -75.9 \\ -77.3 \quad -78.0 \quad -76.9 \quad -75.6 \quad -76.5 \quad -75.7];$$

[0033]

$$\mathbf{r}_{3,1}^{\text{RSS}} = [-82.2 \quad -82.3 \quad -82.2 \quad -80.4 \quad -82.2 \quad -80.3 \quad -80.4 \quad -81.8 \quad -79.8 \quad -81.3 \\ -80.8 \quad -81.2 \quad -83.5 \quad -80.2 \quad -79.7 \quad -82.2];$$

[0034]

$\mathbf{r}_{i_2,1}^{\text{RSS}} = [-69.2 \quad -68.7 \quad -68.1 \quad -68.0 \quad -69.1 \quad -69.0 \quad -67.0 \quad -68.4 \quad -69.1 \quad -69.8$
 $-67.4 \quad -68.2 \quad -69.0 \quad -68.0 \quad -68.6 \quad -66.9];$

[0035]

$\mathbf{r}_{i_1,1}^{\text{RSS}} = [-71.4 \quad -69.8 \quad -69.9 \quad -72.0 \quad -71.7 \quad -68.7 \quad -69.3 \quad -70.0 \quad -71.7 \quad -71.0$
 $-71.7 \quad -69.4 \quad -72.4 \quad -70.6 \quad -70.5 \quad -70.4];$

[0036] 2-2. 利用 RSS 数据库去组建 SSD 数据库

[0037] 2-2-1. SSD 建模:传统的 RSS 信号模型可以表述如下:

[0038] $P(d)|_{\text{dBm}} = P(d_0)|_{\text{dBm}} - 10\beta \log_{10}(\frac{d}{d_0}) + X|_{\text{dB}};$

[0039] 式中, $P(d_0)$ 和 $P(d)$ 是信号源在 d_0 和 d 处的信号强度, β 是信道衰减因子, X 代表噪声,一般可假设 X 服从均值为 0, 方差为 σ^2 的高斯分布。 $P(d_0)$ 可表述为:

[0040] $P(d_0) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_e G_e G_{r_1} \lambda_e^2}{16\pi^2 d_0^2 L} \right);$

[0041] P_e 、 λ_e 和 G_e 分别是发射源信号功率、信号波长和发射天线增益。 G_{r_i} 表示第 r_i 个接收天线的增益。 L 表示系统硬件给信号带来的损耗。现假设有两个参考节点,在距离为 d 的时候接受信号强度分别为 $P(d_1)$ 和 $P(d_2)$ 。信号强度差 SSD 可表示为:

[0042]

$$\begin{aligned} \text{SSD} &= P(d_1) - P(d_2) \\ &= \left(10 \log_{10} \left(\frac{P_e G_e G_{r_1} \lambda_e^2}{16\pi^2 d_0^2 L_1} \right) - 10\beta \log_{10} \left(\frac{d_1}{d_0} \right) + [X_1]_{\text{dB}} \right) - \\ &\quad \left(10 \log_{10} \left(\frac{P_e G_e G_{r_2} \lambda_e^2}{16\pi^2 d_0^2 L_2} \right) - 10\beta \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_0} \right) + [X_2]_{\text{dB}} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{G_{r_1} L_2}{G_{r_2} L_1} \right) - 10\beta \log_{10} \left(\frac{d_1}{d_0} \right) + 10\beta \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_0} \right) + [X_1 - X_2]_{\text{dB}}; \end{aligned}$$

[0043] 由 SSD 的表达式可以看出 SSD 跟信号源发射天线的相关的参数 P_e 、 G_e 和 λ_e 无关。此外,由于 $X_1 \sim N(0, \sigma_1^2)$ 和 $X_2 \sim N(0, \sigma_2^2)$, X_1 和 X_2 不相关,那么 $[X_1 - X_2] \sim N(0, \sigma_1^2 + \sigma_2^2)$ 。由标准正态分布的函数性质可知, r^{SSD} 相对于 $P(d)$ 来说受到的噪声的影响很小。有以上分析可知, SSD 相对于 RSS 来说,具有更好的稳健性。具体而言,也就是不会受到信号源发射天线差异的影响,而且受到环境中的噪声的干扰很小。

[0044] 2-2-2. 利用步骤 A 建立好的多信道 RSS 矢量数据库去组建多信道 SSD 矢量数据库。按照步骤 2-2-1 的分析可知,在第 i 个格点处的 SSD 可表达为 $\mathbf{r}_{i_k}^{\text{SSD}} = \mathbf{r}_{i_m}^{\text{RSS}} - \mathbf{r}_{i_n}^{\text{RSS}}$ 。其中 $m = 1, 2, \dots, 7$; $n = m+1, 3, \dots, 8$; $k = 1, 2, \dots, 28$ 。

[0045] 按照步骤 2-2-1 中的分析,在一次数据测量过程中第 i 个格点处的 SSD 信息可表达为 $\mathbf{r}_{i_k,1}^{\text{SSD}} = \mathbf{r}_{i_m,1}^{\text{RSS}} - \mathbf{r}_{i_n,1}^{\text{RSS}}$, $m = 1, 2, \dots, 7$; $n = m+1, 3, \dots, 8$; $k = 1, 2, \dots, 28$ 。所以最终保存第 i 个格点处的数据为一个具有 12 组 SSD 矢量数据的矩阵加上该格点的位置信息。

[0046] 在此仅给出一次测量中的 SSD 数据信息，可按照 $\mathbf{r}_{i_k}^{\text{SSD}} = \mathbf{r}_{i_m}^{\text{RSS}} - \mathbf{r}_{i_n}^{\text{RSS}}$ 去计算，为了避免重复仅举一个例子说明：

[0047]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_1}^{\text{SSD}} &= \mathbf{r}_{i_3}^{\text{RSS}} - \mathbf{r}_{i_2}^{\text{RSS}} \\ &= [-71.4 \quad -69.8 \quad -69.9 \quad -72.0 \quad -71.7 \quad -68.7 \quad -69.3 \quad -70.0 \quad -71.7 \quad -71.0 \\ &\quad -71.7 \quad -69.4 \quad -72.4 \quad -70.6 \quad -70.5 \quad -70.4] - \\ &\quad [-69.2 \quad -68.7 \quad -68.1 \quad -68.0 \quad -69.1 \quad -69.0 \quad -67.0 \quad -68.4 \quad -69.1 \quad -69.8 \quad -67.4 \\ &\quad -68.2 \quad -69.0 \quad -68.0 \quad -68.6 \quad -66.9] \\ &= [-2.2 \quad -1.1 \quad -1.8 \quad -4.0 \quad -2.6 \quad 0.3 \quad -2.3 \quad -1.6 \quad -2.6 \quad -1.2 \quad -4.3 \quad -1.2 \\ &\quad -3.4 \quad -2.6 \quad -1.9 \quad -3.5]; \end{aligned}$$

[0048] 3. 实时定位阶段

[0049] 3-1. 收集目标数据库信息：

[0050] 在测试场地中随机放置一目标信号源，其坐标为 (5.8, 1.9)，然后在设定的 16 个信道上依次发射信号，各个监测器将接收到该信号源在各信道上发射的信号强度 (RSS)。依次记录为：

[0051]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_8}^{\text{RSS}} &= [-66.7 \quad -64.8 \quad -65.1 \quad -64.7 \quad -64.6 \quad -66.8 \quad -63.5 \quad -64.3 \quad -64.4 \quad -62.9 \\ &\quad -64.5 \quad -64.8 \quad -64.6 \quad -64.6 \quad -65.2 \quad -63.4]; \end{aligned}$$

[0052]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_7}^{\text{RSS}} &= [-49.7 \quad -51 \quad -51.5 \quad -51.8 \quad -50.8 \quad -50.3 \quad -51 \quad -49.8 \quad -51 \quad -51 \quad -52 \quad -52.2 \\ &\quad -51.1 \quad -52.3 \quad -53.6 \quad -50.4]; \end{aligned}$$

[0053]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_6}^{\text{RSS}} &= [-59.1 \quad -60.7 \quad -61.3 \quad -62.9 \quad -61.1 \quad -58.9 \quad -60.5 \quad -60.5 \quad -61.1 \quad -58.8 \\ &\quad -60.6 \quad -59.2 \quad -60.1 \quad -60 \quad -61.4 \quad -60.7]; \end{aligned}$$

[0054]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_5}^{\text{RSS}} &= [-57.3 \quad -56.1 \quad -55.9 \quad -55.8 \quad -55.1 \quad -57.6 \quad -57.7 \quad -55.3 \quad -57.4 \quad -57.3 \\ &\quad -59 \quad -55.8 \quad -56.5 \quad -56.3 \quad -56.5 \quad -55.4]; \end{aligned}$$

[0055]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{i_4}^{\text{RSS}} &= [-74.7 \quad -75.1 \quad -74.3 \quad -73.7 \quad -74.1 \quad -73.8 \quad -74.4 \quad -73.5 \quad -73.5 \quad -74.8 \\ &\quad -74.3 \quad -73.3 \quad -72.7 \quad -74 \quad -74.1 \quad -73.3]; \end{aligned}$$

[0056]

$$\mathbf{r}_{3,1}^{\text{RSS}} = [-78 \quad -78.8 \quad -78.8 \quad -79 \quad -77.9 \quad -79.1 \quad -78.7 \quad -78.8 \quad -78.5 \quad -78.4 \quad -79.5 \\ -77.8 \quad -78.9 \quad -78 \quad -78 \quad -77];$$

[0057]

$$\mathbf{r}_{2,1}^{\text{RSS}} = [-65 \quad -64.6 \quad -65.1 \quad -66.9 \quad -63.9 \quad -64.5 \quad -64.9 \quad -63.6 \quad -64.5 \quad -66.3 \\ -65.7 \quad -65.8 \quad -65.7 \quad -64.6 \quad -65.7 \quad -66.3];$$

[0058]

$$\mathbf{r}_{4,1}^{\text{RSS}} = [-71.7 \quad -71.4 \quad -72.5 \quad -72.5 \quad -71.4 \quad -70.8 \quad -71.8 \quad -71 \quad -70.6 \quad -71.1 \\ -71.9 \quad -72.6 \quad -70.3 \quad -71.9 \quad -69.8 \quad -71.4];$$

[0059] 然后利用 RSS 数据去组建目标的 SSD 数据。按照步骤 2-2-2 的分析可知,在目标 SSD 矢量信息可以表示为(为了避免赘述,仅举一个例子):

[0060]

$$\mathbf{r}_{4,1}^{\text{SSD}} = \mathbf{r}_{4,1}^{\text{RSS}} - \mathbf{r}_{2,1}^{\text{RSS}} \\ = [-71.7 \quad -71.4 \quad -72.5 \quad -72.5 \quad -71.4 \quad -70.8 \quad -71.8 \quad -71 \quad -70.6 \quad -71.1 \\ -71.9 \quad -72.6 \quad -70.3 \quad -71.9 \quad -69.8 \quad -71.4] - \\ [-65 \quad -64.6 \quad -65.1 \quad -66.9 \quad -63.9 \quad -64.5 \quad -64.9 \quad -63.6 \quad -64.5 \quad -66.3 \quad -65.7 \\ -65.8 \quad -65.7 \quad -64.6 \quad -65.7 \quad -66.3]$$

[0061]

$$= [-6.7 \quad -6.8 \quad -7.4 \quad -5.6 \quad -7.5 \quad -6.3 \quad -6.9 \quad -7.4 \quad -6.1 \quad -4.8 \quad -6.2 \quad -6.8 \\ -4.6 \quad -7.3 \quad -4.1 \quad -5.1];$$

[0062] 3-2. 实时定位阶段,确定目标的估计位置

[0063] 我们将步骤 3 中得到的目标 SSD 数据与在步骤 2 中建立好的 SSD 数据库做比照,利用最优矢量匹配方法筛选出最匹配的格点位置作为目标的估计位置。最优矢量匹配方法描述如下:

[0064] 将每个格点的 SSD 数据与目标 SSD 数据作比照,找出与目标相似的一组格点 SSD 数据,将得到的这些最匹配 SSD 数据求范数,用数学表达式可描述为(为了描述方便,我们假设一个辅助变量 $\varphi_{i,k}$):

[0065]

$$\varphi_{i,k} = \min_j \left(\left\| \mathbf{r}_{i,j}^{\text{SSD}} - \mathbf{r}_{i,k}^{\text{SSD}} \right\|_2 \right),$$

[0066] 其中: $\mathbf{r}_{i,k}^{\text{SSD}}$ 为目标的 SSD 数据, k 为不同的监测器组合, i 为不同的格点;

[0067] 最后将步骤 4-1 得到的每个格点处求得的范数数值作比较,最小那个值对应的格点位置即为目标的估计位置 (PE),用数学表达式可描述为:

[0068]

$$\mathbf{PE} = \min_i \left(\sum_{k=1}^{28} (\varphi_{i,k}) \right);$$

[0069] 经计算我们对于目标 (5.8, 1.9), 与之最匹配的位置估计权值为 $PE = 756.348$ 。最小权值对于的格点是 (4.8, 1.5)。定位误差 $e = \sqrt{(4.8-5.8)^2 + (1.5-1.9)^2} = 1.0770m$ 。

[0070] 本发明经对定位场中 1000 个随机位置进行实测定位, 其结果为: 定位误差小于 1m 的占 65.8%, 小于 2m 的占 98.1%, 最大定位误差为 2.95m。

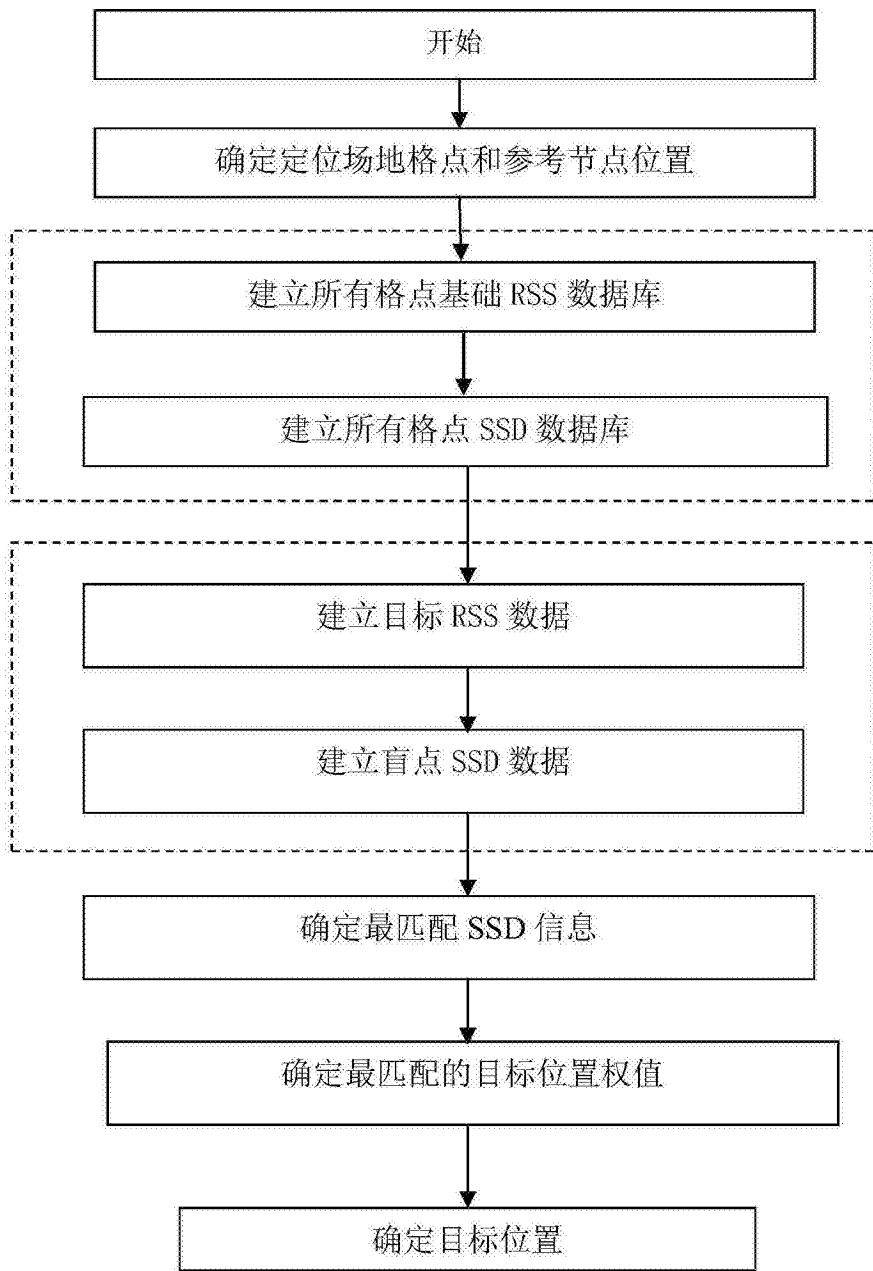


图 1

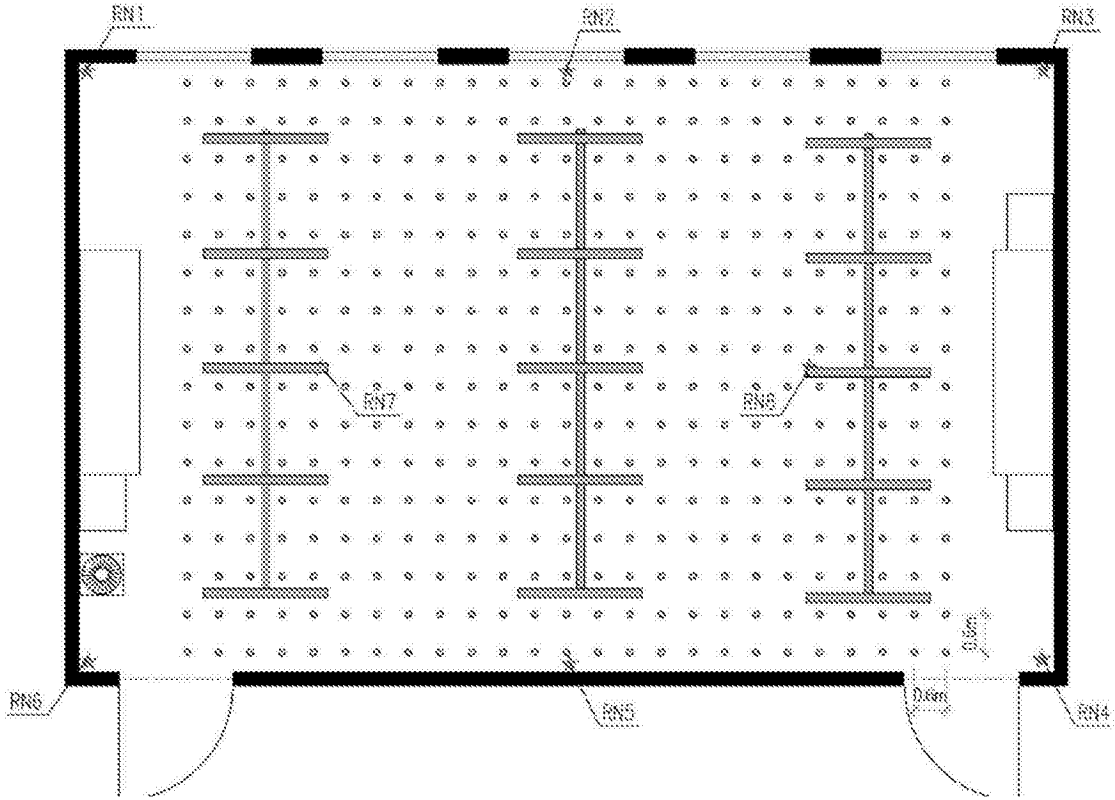
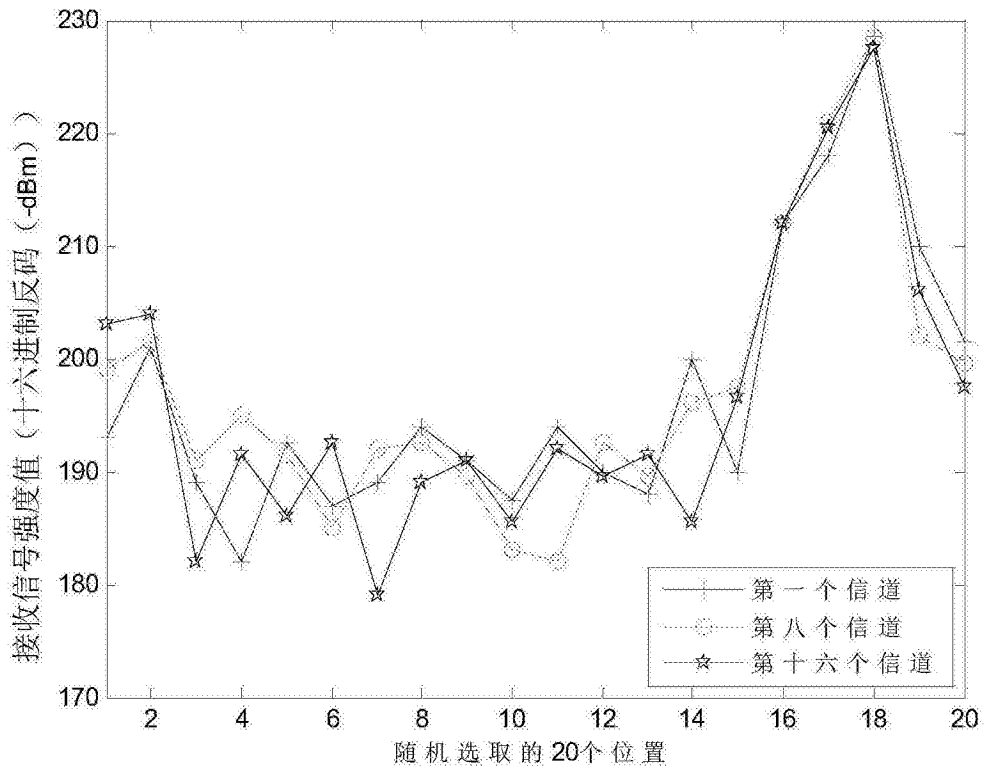


图 2



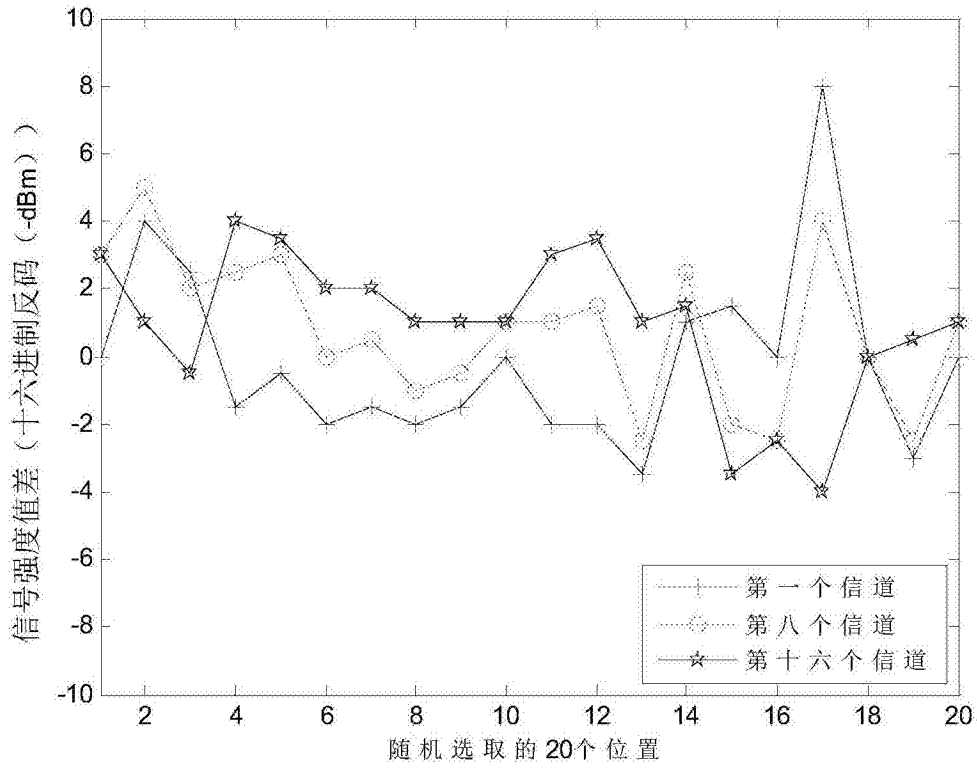


图 3

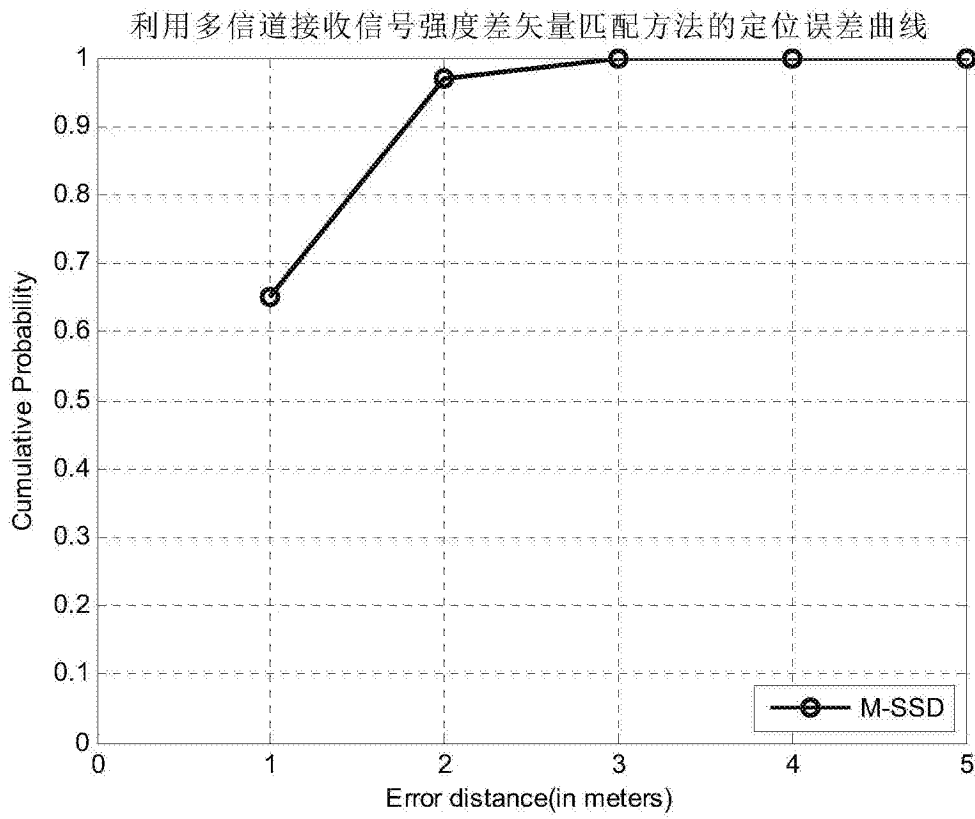


图 4