



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104965193 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 07

(21) 申请号 201510344298. 2

(22) 申请日 2015. 06. 19

(71) 申请人 中南大学

地址 410000 湖南省长沙市岳麓区岳麓山左家垅

(72) 发明人 陈晓方 黄亚 朱军 李勇刚 朱超

(74) 专利代理机构 长沙朕扬知识产权代理事务所 (普通合伙) 43213

代理人 周志中

(51) Int. Cl.

G01S 5/14(2006. 01)

H04W 64/00(2009. 01)

H04W 84/18(2009. 01)

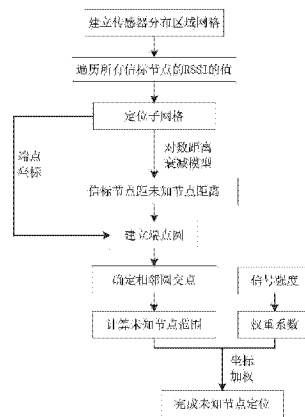
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,首先对传感器分布区域建立信标节点网络,细化未知节点分布区间,接着,遍历所有信标节点相对于未知节点的 RSSI 的值,取 RSSI 最大的 4 个值所在的区域作为定位子网格,并依据 RSSI 中对数距离衰减模型,求得各已知信标节点到未知节点的距离,然后依据所求距离及信标点坐标画圆,分情况求得相邻两圆方格内的交点,得到未知节点所在范围,最后根据已知信标节点接收到的信号强度确定权重系数,通过加权操作完成未知节点的定位。本发明有效解决了传统三边定位法的无解问题,进一步减小了定位误差,保证了定位的精度,同时也能满足各种无线传感器网络分布模型,具有一定的便捷性。



1. 一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,无线移动网络包括已知节点、未知节点、移动终端,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤 1) 建立信标节点网络,细化未知节点分布区间;

步骤 2) 遍历所有信标节点的 RSSI 的值,取 RSSI 最大 4 个值所在的区域作为定位子网格,并依据 RSSI 中对数距离衰减模型,求得各已知信标节点到未知节点的距离;

步骤 3) 计算未知节点所在范围,根据已知信标节点接收到的信号强度确定权重系数,通过加权操作完成未知节点定位。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于:RSSI 定位方法指的是利用接收到的信号强度来计算距离的一种方法;已知的信标节点用于数据转发,提高无线网络覆盖范围;未知节点通过握手信号确认自己接受的信号强度。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于步骤 1) 中信标节点均匀排布,相互之间形成正交网格,且每个信标节点的坐标已知。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于步骤 2) 中 RSSI 中对数距离衰减模型为: $P(d) = P(d_0) - 10n \log(d \div d_0) + X_0$ ,其中  $P(d_0)$  表示参考位置的信号强度大小, $d_0$  表示参考位置到发射点的距离, $P(d)$  表示实际接收点的信号强度大小, $d$  表示实际位置到发射点的距离, $n$  表示介质损耗系数, $X_0$  是均值为 0 的高斯分布随机控制变量。

5. 根据权利要求 4 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于不同的传输环境具有不同的信号衰减系数  $n$ ,通过测量多组不同位置的接收器的 RSSI 值,利用最小二乘法进行拟合,确定此环境下的信号衰减系数  $n$  和参考强度  $P(d_0)$  的大小。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于步骤 2) 中记未知节点所在网格的端点坐标分别为 A、B、C、D,各点到未知节点的距离计算为  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于步骤 3) 中分别以各信标节点坐标为圆心,以 A、B、C、D 各点到未知节点距离为半径画圆,方格内交点所构成的区域 EFGH 即为未知节点所在范围。

8. 根据权利要求 7 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于构建未知节点范围时,确定交点时根据相邻圆相交、相切、相离的关系,建立相应的交点坐标表达式,求得交点或虚拟交点。

9. 根据权利要求 8 所述的一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,其特征在于步骤 3) 中根据 A、B、C、D 信标节点接收到的信号强度  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、 $R_d$  确定权重系数:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \frac{R_a + R_b}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_2 = \frac{R_b + R_c}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_3 = \frac{R_c + R_d}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_4 = \frac{R_d + R_a}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \end{array} \right.$$

对 E、F、G、H 坐标分别进行加权,即求出未知节点 S 的坐标,完成了未知节点的定位。

## 一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域的方法,尤其是一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法。

### 背景技术

[0002] 为了方便服务器端获得更全面的数据,如移动终端不同位置数据采集效果、移动终端的通信信号覆盖范围、不同位置移动终端的通信误码率和丢包率等,需要针对特定位置的移动终端进行分析,所以需要对多个移动终端进行定位。常见的无线定位方法有很多种,按照定位方式的不同,主要分为测距型定位方法和非测距型定位方法。测距型定位方法在测量精度和信标节点数量方面都有较大优势,常用的测距型定位方法包括 TOA(time of arrival,到达时间)、TDOA(time difference of arrival,到达时间差)、AOA(angle of arrival,到达角度)、RSSI(Received Signal Strength Indication,接收信号强度)四种。

[0003] 经对现有技术文献的检索发现,专利申请号为 201410415930.3,提出了一种基于无线传感网的节点定位 RSSI 方法的改进(以下称改进 RSSI 方法),相对于其它三种方法(TOA、TDOA、AOA)而言,基于 RSSI 的测距主要使用 RF 信号,因传感器节点本身具有无线通信能力,故其是一种低功率、廉价的测距技术,对硬件要求不高,同时也比较容易实现,但是信号强度很容易受到周围环境的影响,为了解决 RSSI 测距误差较大的问题,改进 RSSI 方法通过未知节点反馈的握手信号的数据,调整发送节点不同的信号频率,根据所得数据进行误差调整。

[0004] 经检索还发现,专利申请号为 200910045004.0 的中国专利,提出了无线传感器网络中基于概率加权的多目标定位方法,其过程是:对传感器网络分布的平面区域作网格划分,并依据网格与传感器节点的位置关系建立网格概率加权模型,传感器节点对目标进行侦测,并按照概率加权模型赋予各个网格一定的权值,每个网格对不同传感器节点所赋予该网格地权值求和,权值之和超过一定门限的网格所在坐标,即为目标坐标,从而实现目标定位。

[0005] 以上两种方法,前者将 RSSI 测距结合三边测量法,而三边测量法在理想状态下才能算出未知节点的位置,很大可能性会导致三个信标节点所在圆没有统一交点,且大多数情况下测得的 DI 值都存在误差,必须通过各种补偿、约进的方法才能获得最佳节点坐标;后者虽然避免了分布式多目标定位中常见的累积误差问题,但是限定了传感器网络的分布模式,处理器必须存储每一个网格的对应权值之和,灵活性不强。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提出了一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,使其有效解决了传统三边定位法的无解情况问题,同时利用 RSSI 中对数距离衰减模型动态配置加权系数,进一步减小了定位误差,保证了定位的精度,同时也能满足多种多样的无线传感器网络分布模型。

[0007] 一种基于网格加权的无线移动终端 RSSI 定位方法,无线移动网络包括已知节点、未知节点、移动终端,所述方法包括以下步骤:

[0008] 步骤 1) 建立信标节点网络,细化未知节点分布区间;

[0009] 步骤 2) 遍历所有信标节点的 RSSI 的值,取 RSSI 最大 4 个值所在的区域作为定位子网格,并依据 RSSI 中对数距离衰减模型,求得各已知信标节点到未知节点的距离;

[0010] 步骤 3) 计算未知节点所在范围,根据已知信标节点接收到的信号强度确定权重系数,通过加权操作完成未知节点定位。

[0011] 较佳地,步骤 1) 中建立信标节点网络,必须涵盖所有的传感器网络节点,且定位精度与传感器网络分布有密切关系。

[0012] 较佳地,步骤 2) 中 RSSI 值表征了信标节点接收到的未知节点的信号强度,而对数距离衰减模型的建立过程为:首先通过无线电磁信号在传播过程中的波导效应,建立传输

路径损耗模型为  $\frac{P(d_0)}{P(d)} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^n$ ,其中  $P(d_0)$  表示参考位置的信号强度大小,  $d_0$  表示参考位置

到发射点的距离,  $P(d)$  表示实际接收点的信号强度大小,  $d$  表示实际位置到发射点的距离,  $n$  表示介质损耗系数;其次通过单位转换,且由于电磁波在介质中传播路径变,传输过程复杂,实际传输损耗为一个随机过程,需要附加一个均值为 0 的高斯分布随机控制变量  $X_0$ ,则对数距离衰减模型为  $P(d) = P(d_0) - 10n \log(d \div d_0) + X_0$ ,该模型建立了未知节点的信号强度  $P$  与距离  $d$  之间的内存联系,是 RSSI 定位方法的理论依据。

[0013] 较佳地,步骤 2) 中,认为所有的信标节点均可近似看成处于同一平面内,建立二维平面内定位模型,而不需要考虑三维空间内的定位模型;认为传感器所在区域为均匀介质,且由于 RSSI 强度容易受到传输环境的影响,不同的环境中的信号衰减系数  $n$  均不相同,需要进行详细的校调,通过测量多组不同位置的接收器的 RSSI 值,利用最小二乘法进行拟合,确定此环境下的信号衰减系数  $n$  和参考强度  $P(d_0)$  的大小;认为所采用的信标节点装置具有一致性,忽略自身差异而造成的信号强度测量差异。

[0014] 较佳地,步骤 3) 中,分别以各信标节点坐标为圆心,以 A、B、C、D 各点到未知节点距离为半径画圆,方格内交点所构成的区域 EFGH 即为未知节点所在范围。

[0015] 较佳地,构建未知节点范围时,确定交点时根据相邻圆相交、相切、相离的关系,建立相应的交点坐标表达式,求得交点或虚拟交点。

[0016] 较佳地,步骤 3) 中根据 A、B、C、D 信标节点接收到的信号强度  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、 $R_d$  确定权重系数:

$$[0017] \begin{cases} \lambda_1 = \frac{R_a + R_b}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_2 = \frac{R_b + R_c}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_3 = \frac{R_c + R_d}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_4 = \frac{R_d + R_a}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \end{cases}$$

[0018] 对 E、F、G、H 坐标分别进行加权,即可求出未知节点 S 的坐标,完成了未知节点的

定位。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0020] 本发明通过结合网格加权与 RSSI 方法,通过计算未知节点范围解决了信标节点所在圆无统一交点的情况,同时在定位过程中只需使用 4 个信标节点进行计算,降低了计算量和网络通信量;

[0021] 本发明中的网格权重计算是一种动态计算,对不同的无线传感器网络分布均具有适用性,应用到不同传输环境中只需重新校调信号衰减系数,增加了便捷性。

[0022] 本发明利用加权系数配置,进一步减小了定位误差,保证了定位的精度。

#### 附图说明

[0023] 图 1 为本发明实施例的工作流程图。

[0024] 图 2 为本发明实施例的网格信标节点示意图。

[0025] 图 3 为本发明实施例的未知节点处于子网格交界处示意图。

[0026] 图 4 为本发明实施例的 RSSI 测距示意图。

[0027] 图 5 为本发明实施例的两圆相交求解示意图。

[0028] 图 6 为本发明实施例的两圆相切求解示意图。

[0029] 图 7 为本发明实施例的两圆相离求解示意图。

[0030] 图 8 为本发明实施例的四圆两两相交求解示意图。

#### 具体实施方式

[0031] 下面结合附图及测试实例,对本发明做进一步说明:本测试实例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出详细的测试方式、操作过程及结果说明,但本发明的保护范围不限于下述实例。

[0032] 参见图 1,本发明实施例包括如下步骤。

[0033] 步骤 1,在传感器分布网络区域建立信标节点网格,如图 2 所示,信标节点均匀排布,相互之间形成正交网格,且每个信标节点的坐标已知。建立网格的是为了细化未知节点的分布区间,以提高定位的精度。

[0034] 步骤 2,未知节点发送无线电磁波信号,通过遍历所有信标节点的 RSSI 的值,取 RSSI 最大 4 个值所在的区域作为定位子网格。如图 3,如果存在多个子网格,说明未知节点在子网格交界处,则任取一个子网格计算均可。

[0035] 步骤 3,设未知节点所在网格的端点坐标分别为 A、B、C、D,依据 RSSI 中对数距离衰减模型  $P(d) = P(d_0) - 10n \log(d \div d_0) + X_0$ ,其中  $P(d_0)$  表示参考位置的信号强度大小,  $d_0$  表示参考位置到发射点的距离,  $P(d)$  表示实际接收点的信号强度大小,  $d$  表示实际位置到发射点的距离,  $n$  表示介质损耗系数,  $X_0$  是均值为 0 的高斯分布随机控制变量。不同的传输环境具有不同的信号衰减系数  $n$ ,通过测量多组不同位置的接收器的 RSSI 值,利用最小二乘法进行拟合,确定此环境下的信号衰减系数  $n$  和参考强度  $P(d_0)$  的大小。如图 4 所示,求解 A、B、C、D 各点到未知节点的距离,不妨分别设为  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 。

[0036] 步骤 4,设 A、B 点坐标分别为  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ ,网格边长为 D。则以 A 点为圆心,以  $d_1$  为半径可以确立圆 A,以 B 点为圆心,以  $d_2$  为半径可以确立圆 B。正常情况下,根据三角

形边长关系,存在  $d_1+d_2 \geq D$  关系,即两圆会相交或者相切。但是由于 RSSI 值测量会存在误差,所以计算出的  $d_1$  和  $d_2$  也会存在误差,存在  $d_1+d_2 < D$  的情况。为了提高方法适应性,根据  $d_1+d_2$  的值和  $D$  的值的大小关系,可以分为如下 3 情况进行处理。

[0037] (1) 当  $d_1+d_2 > D$  时,如图 5 所示,两圆为相交关系,会有两个交点,我们取隶属于网格内的一组解,记为 E 点。

[0038] 根据上述两圆相交的几何关系,可以建立如下方程组,求解方程组即可得到两圆位于方格内的交点 E 点的坐标值。

$$[0039] \begin{cases} (x-x_1)^2+(y-y_1)^2=d_1^2 \\ (x-x_2)^2+(y-y_2)^2=d_2^2 \\ y_1=y_2 \\ y < y_1 \end{cases} \quad (1)$$

[0040] (2) 当  $d_1+d_2 = D$  时,如图 6 所示,两圆为相切关系,两圆有且仅有一个交点,我们将唯一的交点记为 E 点。

[0041] 根据上述两圆相切的几何关系,由于  $d_1+d_2 = D$ ,则两圆交点 E 点的坐标值可以进行如下表示。

$$[0042] \begin{cases} x = x_1 + d_1 \\ y = y_1 \end{cases} \quad (2)$$

[0043] (3) 当  $d_1+d_2 < D$  时,如图 7 所示,两圆为相离关系,即两圆没有交点。为了便于方法实现,我们取两圆和网格交点的所组成的线段的中点为 E 点,称为两圆的“虚拟交点”。

[0044] 根据上述两圆相离的几何关系,由于  $d_1+d_2 < D$ ,则两圆的虚拟交点 E 点的坐标值可以进行如下表示。

$$[0045] \begin{cases} x = \frac{2x_1 + D + d_1 - d_2}{2} \\ y = y_1 \end{cases} \quad (3)$$

[0046] 步骤 5,利用上述方法,依次求取圆 B 与圆 C,圆 C 与圆 D,圆 D 与圆 A 的方格内的交点,分别为 E、F、G、H 点,如图 8 所示。则求取的 E、F、G、H 点构成一个四边形,我们认为此四边形 EFGH 为未知节点所在范围,E、F、G、H 坐标分别记作  $(x_1', y_1')$ 、 $(x_2', y_2')$ 、 $(x_3', y_3')$ 、 $(x_4', y_4')$ 。

[0047] 步骤 6 我们认为所求未知节点落在四边形 EFGH 内部,依据步骤 5 求得的 E、F、G、H 坐标  $(x_1', y_1')$ 、 $(x_2', y_2')$ 、 $(x_3', y_3')$ 、 $(x_4', y_4')$ ,将所求点  $S(x, y)$  表示如下:

$$[0048] \begin{cases} x = \lambda_1 x_1' + \lambda_2 x_2' + \lambda_3 x_3' + \lambda_4 x_4' \\ y = \lambda_1 y_1' + \lambda_2 y_2' + \lambda_3 y_3' + \lambda_4 y_4' \end{cases} \quad (4)$$

[0049] 其中,  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  为权重系数,且  $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1$ 。

[0050] 步骤 7,根据 A、B、C、D 信标节点接收到的信号强度确定权重系数,设 A、B、C、D 各点接收到的信号强度分别为  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、 $R_d$ ,若  $R_a$  和  $R_b$  较大,则依据对数衰减模型  $P(d) = P(d_0) - 10n \log(d \div d_0) + X_0$ ,可得点 S 距离 A、B 点较近,即距离 E 点较近,因此  $R_a$  和  $R_b$  的值反映了  $\lambda_1$  的大小,使用归一化思想,确定  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ ,构造如下权值:

$$[0051] \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 = \frac{R_a + R_b}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_2 = \frac{R_b + R_c}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_3 = \frac{R_c + R_d}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \\ \lambda_4 = \frac{R_d + R_a}{2(R_a + R_b + R_c + R_d)} \end{array} \right. \quad (5)$$

[0052] 将公式 (5) 中的  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  的值代入公式 (4) 即可求出未知节点 S 的坐标，即可完成未知节点的定位。

[0053] 测试实例

[0054] 本次测试环境是在一足球场上模拟进行的，测试所使用到的设备包括便携式计算机 1 台、手持移动终端 1 个、信标路由节点 4 个、协调器节点 1 个、锂电池若干，具体测试步骤如下：

[0055] 步骤 1 选择两个无线节点，一个作为发射端，一个作为接收端，分别测量距离 1m、5m、10m……40m、45m、50m 处的 RSSI 值，之后使用最小二乘法进行拟合，确定对数衰减模型的具体参数。

[0056] 步骤 2 将信标节点布设成正交网格状，网格间距为 50m，不妨设其坐标分别为 (0, 0)、(0, 50)、(50, 0)、(50, 50)，并将未知坐标的手持移动终端放置于网格内部，并测量其实际坐标。

[0057] 步骤 3 利用 RSSI 模块，分别测量信标节点接收到的移动终端发射的信号强度大小。之后将全部的 RSSI 值传输到上位机上，上位机通过 (1) 中所述方式进行具体数据处理与定位。

[0058] 步骤 4 更换移动终端的位置，重复多组实验，统计定位结果。

[0059] 本次一共进行了 9 次不同位置的测试，测试完成后，计算绝对误差和相对误差，得到如下表的统计结果：

[0060] 移动终端定位测试（单位：米）

[0061]



测试编号	实际位置	测量位置	绝对误差	相对误差
1	(12.5,12.5)	(11.8,13.4)	1.14	3.23%
2	(12.5,25.0)	(12.9,26.9)	1.94	5.49%
3	(12.5,37.5)	(11.3,36.4)	1.63	4.61%
4	(25.0,12.5)	(25.8,13.7)	1.44	4.08%
5	(25.0,25.0)	(25.3,24.6)	0.85	2.42%
6	(25.0,37.5)	(24.2,35.9)	1.79	5.06%
7	(37.5,12.5)	(37.2,14.1)	1.63	4.61%
8	(37.5,25.0)	(36.8,26.2)	1.39	3.93%
9	(37.5,37.5)	(37.4,35.6)	1.9	5.38%

[0062] 测试结果表明,本次系统在不额外增加传感器的条件下,使用低成本的内置 RSSI 模块,实现了手持移动终端的定位功能。根据测试的 9 组数据,系统定位的平均绝对误差 1.52 米,平均相对误差为 4.31%,满足实际应用需求。

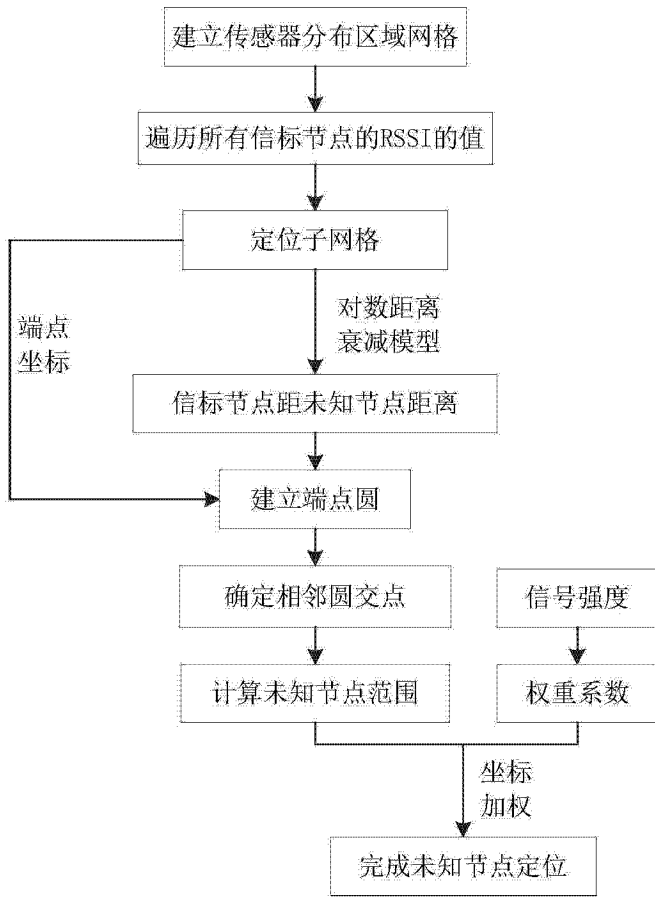


图 1

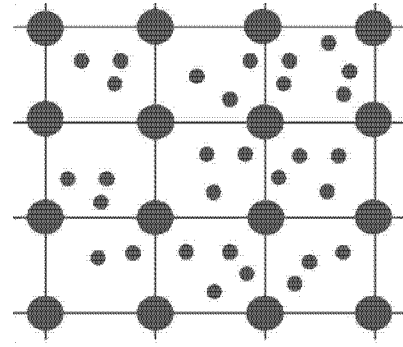


图 2

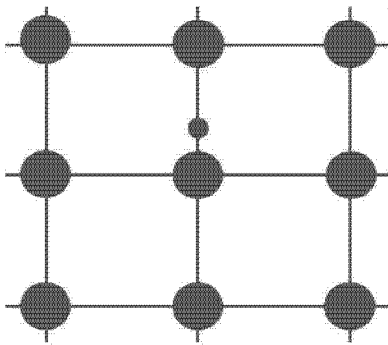


图 3

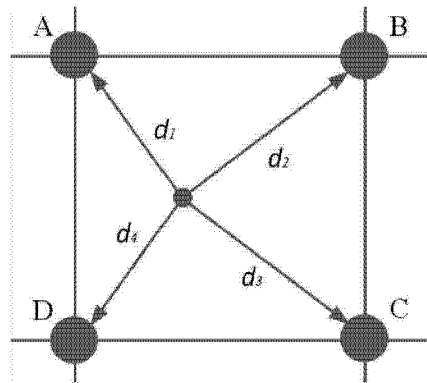


图 4

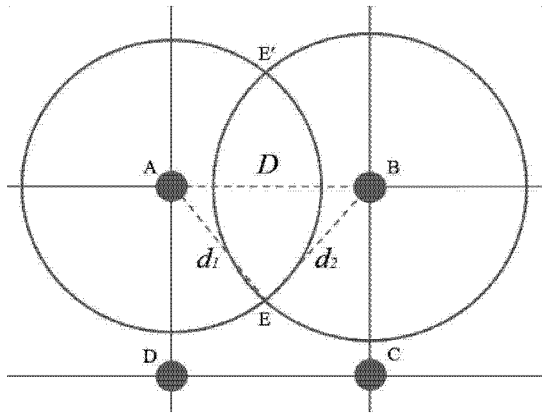


图 5

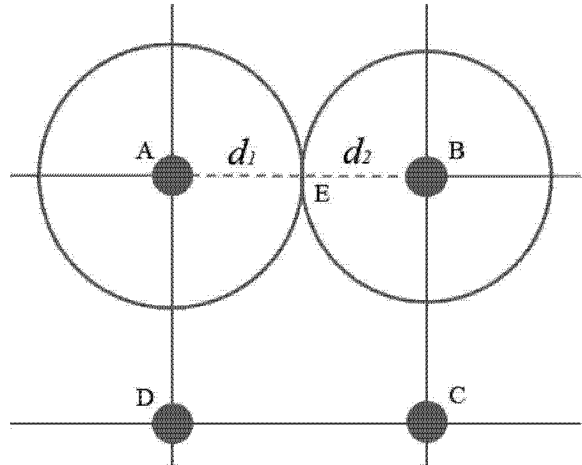


图 6

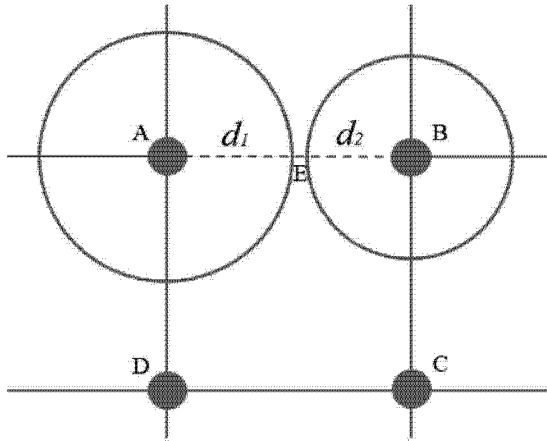


图 7

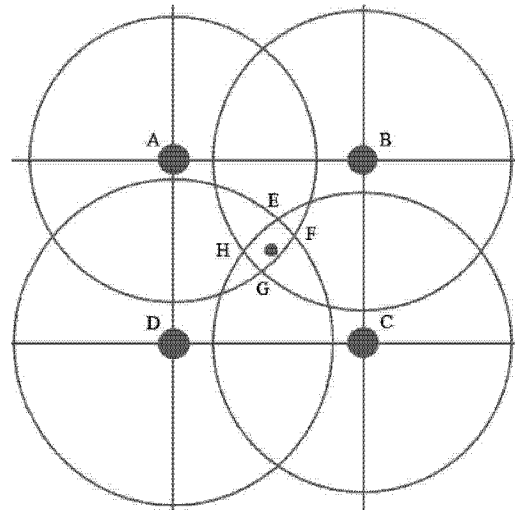


图 8