



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107517500 A

(43)申请公布日 2017.12.26

(21)申请号 201710732833.0

(22)申请日 2017.08.24

(71)申请人 哈尔滨工业大学(威海)

地址 264209 山东省威海市文化西路2号

(72)发明人 焉晓贞 罗清华 沈豪 周鹏太

(51)Int.Cl.

H04W 64/00(2009.01)

G01S 5/02(2010.01)

G01S 5/06(2006.01)

G01S 5/14(2006.01)

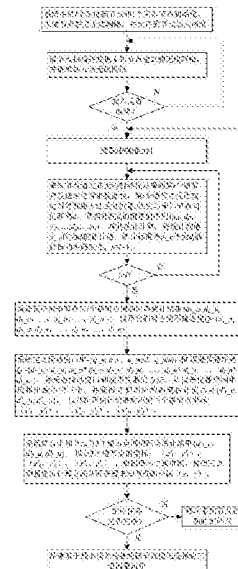
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法

(57)摘要

一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法,涉及锚节点优化选择的三边测量改进定位方法。本发明是为了有效解决通信距离估计误差导致定位精度较低的问题。本发明所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法,首先采用双边对等距离估计的方法获得未知节点到各个锚节点间距离估计的多个样本值,并统计分析,得到各个距离估计值的统计均值和统计标准差;然后采用动态滑动窗口和单遍扫描的方法获得距离估计统计均值和统计标准差乘积值最小的三个距离估计结果,并选择对应的三个锚节点构造三边测量定位方程组;最后采用最小二乘准则获得高精度的定位结果。



1. 一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法,其特征在于所述方法包括以下步骤:

步骤一、系统中有 $I+1$ 个无线传感器节点,分别为 $I$ 个定位的锚节点和1个未知节点,它们都具有nanoLOC无线射频收发器,并可以采用双边对等方法测量得到任意两个节点间的距离估计值,其中, $I$ 为用户设定的正整数,且 $4 \leq I \leq 10$ ,本发明中 $I$ 取值为10;

步骤二、系统中各个节点进行初始化,未知节点首先建立无线网络,并等待其它节点申请加入网络;

步骤三、 $I$ 个锚节点初始化成功后,分别采用射频收发器扫描发现未知节点建立的无线网络,并通过射频收发器发送网络加入请求数据包,申请加入该无线网络,如果加入网络成功,则执行步骤四,否则,执行步骤三;

步骤四、初始化变量 $i$ 为1, $i$ 为正整数,且 $1 \leq i \leq I$ ;

步骤五、未知节点通过其无线射频收发器向第 $i$ 个锚节点发送定位请求数据包,第 $i$ 个锚节点收到定位请求数据包后,采用双边对等测距方法,通过与未知节点间的 $4J$ 次数据包交互,获得第 $i$ 个锚节点与未知节点间的距离 $d_i$ 的 $J$ 次测量值:  $\{d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{iJ}\}$ , 并进行统计计算,将测量值的统计均值 $d_{i\_u}$ 作为距离 $d_i$ 估计结果,将测量值的统计标准差 $d_{i\_o}$ 作为距离 $d_i$ 估计结果的不确定性, $i = i+1$ , $j$ 为正整数,且 $1 \leq j \leq J$ , $J$ 为用户设定的正整数,且 $50 \leq J \leq 150$ ,本发明中, $J$ 取值为100;

步骤六、判断 $i$ 的值是否大于 $I$ ,若是,则执行步骤七,否则执行步骤五;

步骤七、系统获得未知节点与 $I$ 个锚节点间的距离估计结果  $\{d_{1\_u}, d_{2\_u}, d_{3\_u}, \dots, d_{i\_u}, \dots, d_{I\_u}\}$ , 以及它们对应的不确定度  $\{d_{1\_o}, d_{2\_o}, d_{3\_o}, \dots, d_{i\_o}, \dots, d_{I\_o}\}$ , 定义误差传播序列  $Q = \{d_{1\_o} * d_{1\_u}, d_{2\_o} * d_{2\_u}, d_{3\_o} * d_{3\_u}, \dots, d_{i\_o} * d_{i\_u}, \dots, d_{I\_o} * d_{I\_u}\}$ ;

步骤八、系统定义滑动窗口  $W = \{q_{\max}, q_{\text{med}}, q_{\min}\}$ , 并且初始化为:  $W = \{q_{\max} = \text{Inf}, q_{\text{med}} = \text{Inf}, q_{\min} = \text{Inf}\}$ , 其中  $q_{\max} \in Z, q_{\text{med}} \in Z, q_{\min} \in Z, \text{Inf}$  为最大实数,且 $i$ 位置为1;

步骤九、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\min}$ , 则执行步骤十, 否则, 执行步骤十一;

步骤十、 $q_{\max} = q_{\text{med}}, q_{\text{med}} = q_{\min}, q_{\min} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

步骤十一、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\text{med}}$ , 则执行步骤十二, 否则执行步骤十三;

步骤十二、 $q_{\max} = q_{\text{med}}, q_{\text{med}} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

步骤十三、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\max}$ , 则执行步骤十四, 否则执行步骤十五;

步骤十四、 $q_{\max} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

步骤十五、 $i = i+1$ , 判断 $i$ 的值是否大于 $I$ , 若是, 则执行步骤十六, 否则, 如果执行步骤九;

步骤十六、系统获得优化选择的得到三个最小的距离估计标准差和距离估计乘积值  $\{q_{\max}, q_{\text{med}}, q_{\min}\}$ , 并将其对应的距离估计结果  $\{d'_{1\_u}, d'_{2\_u}, d'_{3\_u}\}$ , 以及距离估计结果对应的三个锚节点坐标  $(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), (x'_3, y'_3)$  作为优化选择的距离估计值和锚节点信息;

步骤十七、系统根据最小二乘准则, 未知节点的坐标  $(x, y)$  按公式 (1) 进行计算:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (1)$$

$$\text{其中 } A = \begin{bmatrix} 2(x'_1 - x'_3) & 2(y'_1 - y'_3) \\ 2(x'_2 - x'_3) & 2(y'_2 - y'_3) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} x_1'^2 - x_3'^2 + y_1'^2 - y_3'^2 + (d_{3\_u}')^2 - (d_{1\_u}')^2 \\ x_2'^2 - x_3'^2 + y_2'^2 - y_3'^2 + (d_{3\_u}')^2 - (d_{2\_u}')^2 \end{bmatrix};$$

步骤十八、系统判断定位计算任务是否完成,如果是,执行步骤十九,否则,在下一个定位点上,执行步骤四;

步骤十九、系统结束基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位任务。

2. 根据权利要求1所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,其特征在于采用动态滑动窗口和单遍扫描的方法,能够在距离估计标准差序列中高效率选择出统计标准差和距离估计值乘积值最小的三个,为锚节点的优化选择提供支持。

3. 根据权利要求1所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,其特征在于采用基于最小误差传播的通信距离估计和锚节点优化选择,减小距离估计误差对三边测量定位的影响,实现高精度的三边测量定位。

4. 根据权利要求1所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,其特征在于发明中的距离估计方法也可以采用基于RSSI、TOA、TDOA和AOA等其它距离估计方法。

5. 根据权利要求1所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,其特征在于发明中的定位方法也可以适用于三维情况下的三边测量定位方法。

## 一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高精度的距离估计和定位技术。

### 背景技术

[0002] 实际无线通信环境中,由于噪声、环境和测量误差等不良因素的影响,引起距离估计具有较大的误差,导致三边测量定位结果误差较大。针对上述问题,本发明对锚节点冗余定位环境下,评估各个锚节点到未知节点间通信距离估计结果的统计均值及其统计标准差的乘积,并以此来优化选择定位方程组构造过程中所需的距离值和锚节点,减小距离估计误差对定位结果的影响,从而改善三边测量定位精度的目的。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了有效解决通信距离估计误差导致定位精度较低的问题,提供一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法。

[0004] 本发明所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法包括以下步骤:

[0005] 步骤一、系统中有 $I+1$ 个无线传感器节点,分别为 $I$ 个定位的锚节点和1个未知节点,它们都具有nanoLOC无线射频收发器,并可以采用双边对等方法测量得到任意两个节点间的距离估计值,其中, $I$ 为用户设定的正整数,且 $4 \leq I \leq 10$ ,本发明中 $I$ 取值为10;

[0006] 步骤二、系统中各个节点进行初始化,未知节点首先建立无线网络,并等待其它节点申请加入网络;

[0007] 步骤三、 $I$ 个锚节点初始化成功后,分别采用射频收发器扫描发现未知节点建立的无线网络,并通过射频收发器发送网络加入请求数据包,申请加入该无线网络,如果加入网络成功,则执行步骤四,否则,执行步骤三;

[0008] 步骤四、初始化变量 $i$ 为1, $i$ 为正整数,且 $1 \leq i \leq I$ ;

[0009] 步骤五、未知节点通过其无线射频收发器向第 $i$ 个锚节点发送定位请求数据包,第 $i$ 个锚节点收到定位请求数据包后,采用双边对等测距方法,通过与未知节点间的 $4J$ 次数据包交互,获得第 $i$ 个锚节点与未知节点间的距离 $d_i$ 的 $J$ 次测量值:  $\{d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{iJ}\}$ ,并进行统计计算,将测量值的统计均值 $d_{i\_u}$ 作为距离 $d_i$ 估计结果,将测量值的统计标准差 $d_{i\_o}$ 作为距离 $d_i$ 估计结果的不确定性, $i = i+1$ , $j$ 为正整数,且 $1 \leq j \leq J$ , $J$ 为用户设定的正整数,且 $50 \leq J \leq 150$ ,本发明中, $J$ 取值为100;

[0010] 步骤六、判断 $i$ 的值是否大于 $I$ ,若是,则执行步骤七,否则执行步骤五;

[0011] 步骤七、系统获得未知节点与 $I$ 个锚节点间的距离估计结果  $\{d_{1\_u}, d_{2\_u}, d_{3\_u}, \dots, d_{i\_u}, \dots, d_{I\_u}\}$ ,以及它们对应的不确定度  $\{d_{1\_o}, d_{2\_o}, d_{3\_o}, \dots, d_{i\_o}, \dots, d_{I\_o}\}$ ,定义误差传播序列  $Q = \{d_{1\_o} * d_{1\_u}, d_{2\_o} * d_{2\_u}, d_{3\_o} * d_{3\_u}, \dots, d_{i\_o} * d_{i\_u}, \dots, d_{I\_o} * d_{I\_u}\}$ ;

[0012] 步骤八、系统定义滑动窗口  $W = \{q_{\max}, q_{\text{med}}, q_{\min}\}$ ,并且初始化为:  $W = \{q_{\max}$

$= \text{Inf}, q_{\text{med}} = \text{Inf}, q_{\text{min}} = \text{Inf}$ }, 其中  $q_{\text{max}} \in Z, q_{\text{med}} \in Z, q_{\text{min}} \in Z, \text{Inf}$  为最大实数, 且  $i$  值置为 1;

[0013] 步骤九、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\text{min}}$ , 则执行步骤十, 否则, 执行步骤十一;

[0014] 步骤十、 $q_{\text{max}} = q_{\text{med}}, q_{\text{med}} = q_{\text{min}}, q_{\text{min}} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

[0015] 步骤十一、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\text{med}}$ , 则执行步骤十二, 否则执行步骤十三;

[0016] 步骤十二、 $q_{\text{max}} = q_{\text{med}}, q_{\text{med}} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

[0017] 步骤十三、如果  $d_{i\_o} * d_{i\_u} < q_{\text{max}}$ , 则执行步骤十四, 否则执行步骤十五;

[0018] 步骤十四、 $q_{\text{max}} = d_{i\_o} * d_{i\_u}$ , 执行步骤十五;

[0019] 步骤十五、 $i = i + 1$ , 判断  $i$  的值是否大于  $I$ , 若是, 则执行步骤十六, 否则, 如果执行步骤九;

[0020] 步骤十六、系统获得优化选择的得到三个最小的距离估计标准差和距离估计乘积值  $\{q_{\text{max}}, q_{\text{med}}, q_{\text{min}}\}$ , 并将其对应的距离估计结果  $\{d'_{1\_u}, d'_{2\_u}, d'_{3\_u}\}$ , 以及距离估计结果对应的三个锚节点坐标  $(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), (x'_3, y'_3)$  作为优化选择的距离估计值和锚节点信息;

[0021] 步骤十七、系统根据最小二乘准则, 未知节点的坐标  $(x, y)$  按公式 (1) 进行计算:

$$[0022] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (1)$$

$$[0023] \quad \text{其中 } A = \begin{bmatrix} 2(x'_1 - x'_3) & 2(y'_1 - y'_3) \\ 2(x'_2 - x'_3) & 2(y'_2 - y'_3) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} x'^2_1 - x'^2_3 + y'^2_1 - y'^2_3 + (d'_{3\_u})^2 - (d'_{1\_u})^2 \\ x'^2_2 - x'^2_3 + y'^2_2 - y'^2_3 + (d'_{3\_u})^2 - (d'_{2\_u})^2 \end{bmatrix};$$

[0024] 步骤十八、系统判断定位计算任务是否完成, 如果是, 执行步骤十九, 否则, 在下一个定位点上, 执行步骤四;

[0025] 步骤十九、系统结束基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位任务。

## 附图说明

[0026] 图1为一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法的流程图。

## 具体实施方式

[0027] 具体实施方式一: 结合图1说明本实施方式, 本实施方式所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法包括以下步骤:

[0028] 步骤一、系统中有  $I + 1$  个无线传感器节点, 分别为  $I$  个定位的锚节点和 1 个未知节点, 它们都具有 nanoLOC 无线射频收发器, 并可以采用双边对等方法测量得到任意两个节点间的距离估计值, 其中,  $I$  为用户设定的正整数, 且  $4 \leq I \leq 10$ , 本发明中  $I$  取值为 10;

[0029] 步骤二、系统中各个节点进行初始化, 未知节点首先建立无线网络, 并等待其它节点申请加入网络;

[0030] 步骤三、 $I$  个锚节点初始化成功后, 分别采用射频收发器扫描发现未知节点建立的无线网络, 并通过射频收发器发送网络加入请求数据包, 申请加入该无线网络, 如果加入网络成功, 则执行步骤四, 否则, 执行步骤三;

[0031] 步骤四、初始化变量  $i$  为 1,  $i$  为正整数, 且  $1 \leq i \leq I$ ;

[0032] 步骤五、未知节点通过其无线射频收发器向第*i*个锚节点发送定位请求数据包,第*i*个锚节点收到定位请求数据包后,采用双边对等测距方法,通过与未知节点间的4*J*次数据包交互,获得第*i*个锚节点与未知节点间的距离*d<sub>i</sub>*的*J*次测量值: {*d<sub>i1</sub>*, *d<sub>i2</sub>*, *d<sub>i3</sub>*, ..., *d<sub>ij</sub>*, ..., *d<sub>iJ</sub>*}, 并进行统计计算,将测量值的统计均值*d<sub>i\_u</sub>*作为距离*d<sub>i</sub>*估计结果,将测量值的统计标准差*d<sub>i\_σ</sub>*作为距离*d<sub>i</sub>*估计结果的不确定性, *i* = *i* + 1, *j* 为正整数, 且 1 ≤ *j* ≤ *J*, *J* 为用户设定的正整数, 且 50 ≤ *J* ≤ 150, 本发明中, *J* 取值为 100;

[0033] 步骤六、判断*i*的值是否大于*I*,若是,则执行步骤七,否则执行步骤五;

[0034] 步骤七、系统获得未知节点与*I*个锚节点间的距离估计结果 {*d<sub>1\_u</sub>*, *d<sub>2\_u</sub>*, *d<sub>3\_u</sub>*, ..., *d<sub>i\_u</sub>*, ..., *d<sub>I\_u</sub>*}, 以及它们对应的不确定度 {*d<sub>1\_σ</sub>*, *d<sub>2\_σ</sub>*, *d<sub>3\_σ</sub>*, ..., *d<sub>i\_σ</sub>*, ..., *d<sub>I\_σ</sub>*}, 定义误差传播序列  $Q = \{d_{1_σ} * d_{1_u}, d_{2_σ} * d_{2_u}, d_{3_σ} * d_{3_u}, \dots, d_{i_σ} * d_{i_u}, \dots, d_{I_σ} * d_{I_u}\}$ ;

[0035] 步骤八、系统定义滑动窗口  $W = \{q_{max}, q_{med}, q_{min}\}$ , 并且初始化为:  $W = \{q_{max} = Inf, q_{med} = Inf, q_{min} = Inf\}$ , 其中  $q_{max} \in Z, q_{med} \in Z, q_{min} \in Z$ , *Inf* 为最大实数, 且 *i* 值置为 1;

[0036] 步骤九、如果  $d_{i_σ} * d_{i_u} < q_{min}$ , 则执行步骤十, 否则, 执行步骤十一;

[0037] 步骤十、 $q_{max} = q_{med}, q_{med} = q_{min}, q_{min} = d_{i_σ} * d_{i_u}$ , 执行步骤十五;

[0038] 步骤十一、如果  $d_{i_σ} * d_{i_u} < q_{med}$ , 则执行步骤十二, 否则执行步骤十三;

[0039] 步骤十二、 $q_{max} = q_{med}, q_{med} = d_{i_σ} * d_{i_u}$ , 执行步骤十五;

[0040] 步骤十三、如果  $d_{i_σ} * d_{i_u} < q_{max}$ , 则执行步骤十四, 否则执行步骤十五;

[0041] 步骤十四、 $q_{max} = d_{i_σ} * d_{i_u}$ , 执行步骤十五;

[0042] 步骤十五、*i* = *i* + 1, 判断*i*的值是否大于*I*,若是,则执行步骤十六,否则,如果执行步骤九;

[0043] 步骤十六、系统获得优化选择的得到三个最小的距离估计标准差和距离估计乘积值 {*q<sub>max</sub>*, *q<sub>med</sub>*, *q<sub>min</sub>*}, 并将其对应的距离估计结果 {*d'<sub>1\_u</sub>*, *d'<sub>2\_u</sub>*, *d'<sub>3\_u</sub>*}, 以及距离估计结果对应的三个锚节点坐标 (*x'<sub>1</sub>*, *y'<sub>1</sub>*), (*x'<sub>2</sub>*, *y'<sub>2</sub>*), (*x'<sub>3</sub>*, *y'<sub>3</sub>*) 作为优化选择的距离估计值和锚节点信息;

[0044] 步骤十七、系统根据最小二乘准则,未知节点的坐标 (*x*, *y*) 按公式 (1) 进行计算:

$$[0045] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (1)$$

$$[0046] \quad \text{其中 } A = \begin{bmatrix} 2(x'_1 - x'_3) & 2(y'_1 - y'_3) \\ 2(x'_2 - x'_3) & 2(y'_2 - y'_3) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} x'^2_1 - x'^2_3 + y'^2_1 - y'^2_3 + (d'_{3_u})^2 - (d'_{1_u})^2 \\ x'^2_2 - x'^2_3 + y'^2_2 - y'^2_3 + (d'_{3_u})^2 - (d'_{2_u})^2 \end{bmatrix};$$

[0047] 步骤十八、系统判断定位计算任务是否完成,如果是,执行步骤十九,否则,在下一个定位点上,执行步骤四;

[0048] 步骤十九、系统结束基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位任务。

[0049] 具体实施方案二,本实施方式是对具体实施方式一所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,本实施方式中,采用动态滑动窗口和单遍扫描的方法,能够在距离估计标准差序列中高效率选择出统计标准差和距离估计值乘积值最小的三个,为锚节点的优化选择提供支持。

[0050] 具体实施方案三,本实施方式是对具体实施方式一所述的一种基于最小误差传播

的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,本实施方式中,采用基于最小误差传播的通信距离估计和锚节点优化选择,减小距离估计误差对三边测量定位的影响,实现高精度的三边测量定位。

[0051] 具体实施方案四,本实施方式是对具体实施方式一所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,本实施方式中,采用的距离估计方法也可以采用基于RSSI、TOA、TDOA和AOA等其它距离估计方法。

[0052] 具体实施方案五,本实施方式是对具体实施方式一所述的一种基于最小误差传播的锚节点优化选择的三边测量定位方法作进一步说明,本实施方式中,采用的定位方法也可以适用于三维情况下的三边测量定位方法。

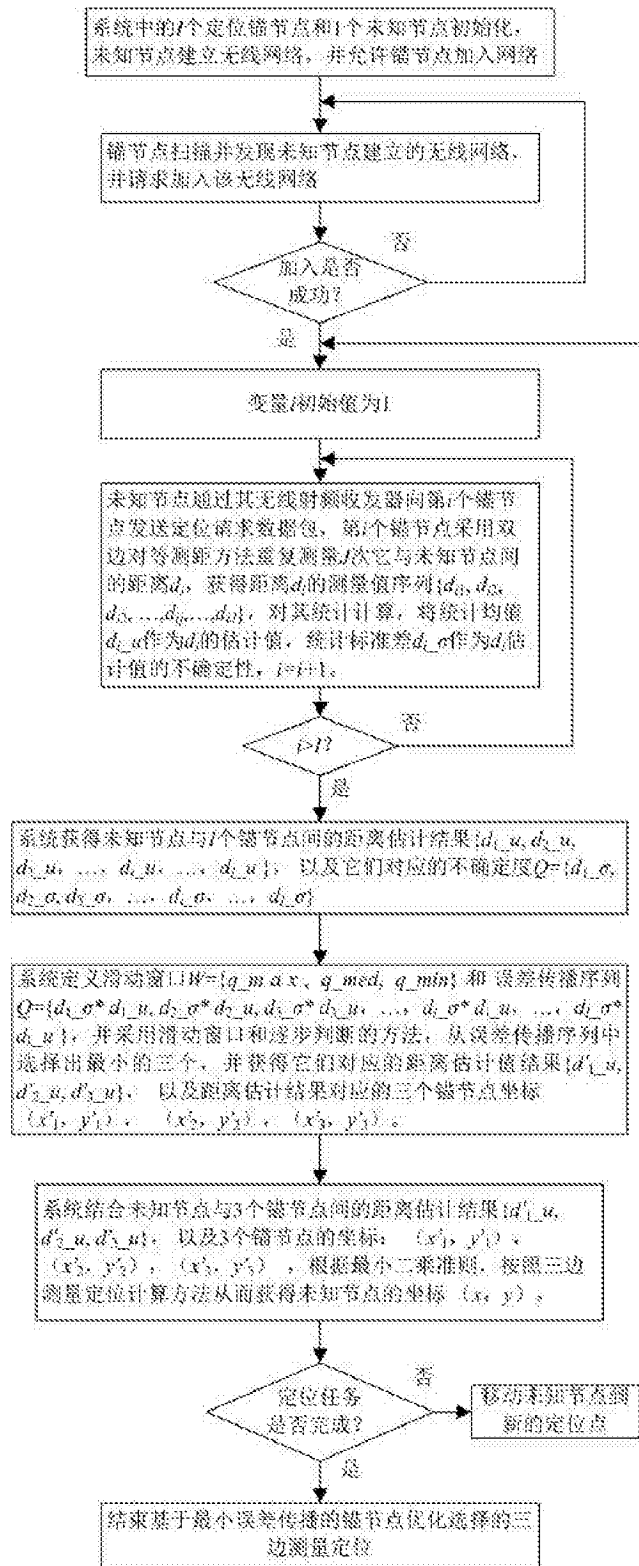


图1