



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101986758 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 15

(21) 申请号 201010538486. 6

(22) 申请日 2010. 11. 10

(73) 专利权人 河海大学常州校区

地址 213022 江苏省常州市新北区晋陵北路  
200 号

(72) 发明人 韩光洁 徐慧慧 朱川 沈文  
江金芳 董玉慧 张娜

(74) 专利代理机构 常州市天龙专利事务所有限  
公司 32105

代理人 周建观

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009. 01)

H04W 84/18 (2009. 01)

(56) 对比文件

CN 101285878 A, 2008. 10. 15,

CN 101378593 A, 2009. 03. 04,

CN 101004448 A, 2007. 07. 25,

CN 101179846 A, 2008. 05. 14,

审查员 左林子

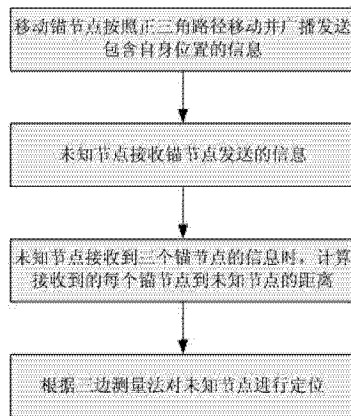
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

无线传感器网络定位方法

(57) 摘要

本发明涉及一种无线传感器网络定位方法,其步骤包括:未知节点接收移动锚节点广播发送包含自身位置的信息;对无线传感器网络区域建立二维直角坐标系,确定移动锚节点的移动路径,移动锚节点每隔周期 T 移动一定距离,且以移动锚节点此刻所在位置为圆心,通信半径为 r 的圆广播信标信号,信标信号中包括该时刻移动锚节点的位置信息和该时刻的时间,移动锚节点移动的路径为正三角形,正三角形的边长为 d,且  $d = r$ ;未知节点不断监听接受信标信息,接收到移动锚节点广播的三个信标信息,若该三个信标信息的位置组成正三角形,且未知节点位于正三角形内,则通过三边测量法,获得未知节点的位置信息。本发明定位精度高、不易受环境因素的影响、且网络成本低。



1. 一种无线传感器网络定位方法,其步骤包括:

a、移动锚节点广播发送包含自身位置的信息;

b、未知节点接收移动锚节点发送的信息;

其特征在于:还包括以下步骤:

c、对无线传感器网络区域建立二维直角坐标系,在二维直角坐标系内分布一个或若干个未知节点,确定移动锚节点的移动路径,移动锚节点每隔周期  $T$  移动一定距离,且以移动锚节点此刻所在位置为圆心,通信半径为  $r$  的圆广播信标信号,信标信号中包括该时刻移动锚节点的位置信息和该时刻的时间,移动锚节点移动的路径为正三角形,正三角形的边长为  $d$ ,且  $d = r$ ;所述移动锚节点的通信半径  $r$  的具体设定方法为:

建立目标函数和约束函数,以及设定通信半径  $r$  的范围,

建立的目标函数是 
$$\min f(r) = \frac{\frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r}{r} (E_{Tx} \times k_1 + \varepsilon_{amp} \times k_1 \times (k_2 r)^2) + k_3 \left( \frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r \right),$$

建立的约束函数是  $\frac{L}{r}$  为整数,且  $r$  取整数,

设定的通信半径  $r$  的范围是  $r_1 \leq r \leq r_2$ ,

其中:  $L$  为无线传感器网络区域的长度,

$h$  为无线传感器网络区域的宽度,

$E_{Tx}$  为发射装置每发送或接收单位 bit 的耗能,

$\varepsilon_{amp}$  为发射放大器将每 bit 传送单位平方米所耗的能量,

$k_1$  为信息包的大小,

$k_2$  为常数,

为移动锚节点每移动 1m 消耗的能量,

$f(r)$  为移动锚节点消耗的总能量,

$r_1$ 、 $r_2$  为通信半径  $r$  的范围,

然后,由计算机算出满足上述条件的通信半径  $r$  的值;

d、未知节点不断监听接受信标信息,接收到移动锚节点广播的三个信标信息,若该三个信标信息的位置组成正三角形,且未知节点位于正三角形内,则通过三边测量法,获得未知节点的位置信息;若未知节点位于无线传感器网络区域的边界处,未知节点接收到三个信标信息的位置组成钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形,且未知节点位于钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形内,则以接收到的三个信标信息坐标的平均值作为未知节点的位置,获得未知节点的位置信息。

2. 根据权利要求 1 所述的无线传感器网络定位方法,其特征在于:所述移动锚节点与未知节点间距离采用接收信号强度方法测量。

3. 根据权利要求 1 所述的无线传感器网络定位方法,其特征在于:所述的移动锚节点具有 GPS 定位装置,作为定位未知节点的参考节点,移动锚节点向其周围的未知节点广播包含其位置信息和自身 ID 的信标信息数据包,移动锚节点的通信范围为半径  $r$  的圆。

## 无线传感器网络定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线通信领域的定位方法,尤其涉及一种无线传感器网络定位方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着微机电系统、无线通信和数字电子技术的发展,无线传感器网络(wireless sensor networks, WSN)在军事应用及民用等领域得到了广泛的应用,其与RFID技术相结合,在物流等领域也取得了较好的应用成果。

[0003] 位置信息对 WSN 的应用具有至关重要的意义,事件发生的位置或信息源的位置是传感器网络传送数据的重要组成部分,因而 WSN 定位技术成为研究的一大热点。目前,学者们提出了很多关于 WSN 的定位算法,主要分为两大类:基于锚节点和非基于锚节点的 WSN 节点定位算法,锚节点就是可以预先获取自身位置的节点,通常采用在节点上安装 GPS 系统或事先人工布置,基于锚节点的定位算法用锚节点定位剩余节点,而非基于锚节点的节点定位算法主要计算节点的相对位置,生成一个 WSN 节点的相对位置地图,给 WSN 的应用带来很大的限制,但是,在基于锚节点的节点定位算法中,GPS 的使用增加了 WSN 节点的成本,这和 WSN 应用的特点不符;在这种情况下,可以仅在一些可以移动的传感器节点上装备 GPS,该方法具有很高的实用意义:仅在一些节点上装备 GPS,不但没有过多增加成本,而且比不使用锚节点的算法获得更高的定位精度,移动节点可以使用移动机器人平台,能量不受限制,为了提高定位精度和定位效率,移动锚节点的路径规划成为研究的基本问题。

[0004] 当传感器被散布到传感区域(region of interest, ROI)中后,移动锚节点开始在它们中穿行,同时以一定的发射功率广播信息数据包,信息数据包中含有该锚节点的坐标,锚节点附近(信标信号传输范围内)的传感器节点可以接收到信标数据包,每个节点在收到包时都测量一下接收信号强度指标(received signal strength indication,简称 RSSI)并计算到锚节点的距离,根据到锚节点的距离值以及信标数据包中附带的信标位置 $(x_0, y_0)$ ,每个节点计算自身位置的约束条件,当各节点获取 3 个以上信标数据包时即可通过三边测量法计算出自身的坐标,基于移动锚节点进行传感器节点定位具有一些明显的优点:首先,大量减少了需要的锚节点数量,从而降低了成本;其次,由于锚节点数量较少(理想情况下只需要 1 个信标),因此,用户可以控制锚节点的移动路径、广播锚节点数据包的位置(简称发射位置),从而提高定位效率和改善定位效果。

[0005] 经对现有文献检索发现,相关文献如下:

[0006] 1、Hongjun Li 等在 2009 年的《Journal of Computer Research and Development》上发表的文章“Path Planning for Mobile Anchor Node in Localization for Wireless Sensor Networks”,研究了移动锚节点的路径规划问题,把图论引入到无线传感器网络节点定位系统。把无线传感器网络看成一个连通的节点无向图,路径规划问题转化为图的生成树及遍历问题,提出了宽度优先和回溯式贪婪算法。但这种算法规划出来的移动路径并不能保证所有的未知节点收到锚节点信息,从而定位覆盖率不高。

[0007] 2、Zhen HU等在2008年的《IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics》上发表的文章“Localization in Wireless Sensor Networks Using a Mobile Anchor Node”中移动节点以螺线形的路径移动,每隔一个周期广播其位置信息,当未知节点收到3个以上的位置信息后,取这些位置的平均值为未知节点的估计位置。该算法有效解决了节点在同一直线上无法定位的问题,但这种路径无法高效地覆盖传感区域,容易出现信标覆盖盲区,从而降低了定位精度。

[0008] 3、ChaiHo Ou等在2008年的《IEEE Transactions on Mobile Computing》上发表的文章“Sensor Position Determination with Flying Anchors in Three-Dimensional Wireless Sensor Networks”中提出了一种新型的Range-Free定位方法,该方法基于初等几何中的“弦的垂直平分线通过圆心”这一性质,用带有GPS的飞行锚节点在传感区域移动并周期性地广播其当前位置,未知节点根据几何学规则和这些信息计算其位置。此算法在获得4个以上的锚节点后,形成两个相交圆,经过这两个相交圆的圆心且垂直相交圆的直线相交的点即为未知节点的估计位置。此方法在测定锚节点和未知节点的距离、计算未知节点坐标等环节作出了一定创新和贡献,但是均未涉及移动锚节点路径选择问题。

[0009] 4、Rui Huang等在2007年的《IEEE PERCOMW》上发表的文章“Static path planning for mobile beacons to localize sensor networks”提出使移动锚节点按照S形路径移动,传感区域的未知节点周期的接收移动节点的信息,从而计算其位置信息。该算法移动节点的路径长度虽然较短,并且相应的节省了节点的能量消耗,但在边缘的节点由于接收不到足够的信息而导致无法定位的情况出现。

[0010] 5、Koutsonilas D等在2007年的《Computer Communication》上发表的文章“Path planning of mobile landmarks for localization in wireless sensor networks”中分析了移动节点沿坐标轴方向移动的路径,比较了其优缺点,其中Scan方法虽然移动长度最短,但其会造成未知节点收到的信息在同一直线上而无法对其定位。

[0011] 发明内容

[0012] 本发明的目的是:提供一种定位精度高、不易受环境因素的影响、而且网络成本低的无线传感器网络定位方法。

[0013] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是:一种无线传感器网络定位方法,其创新点在于:其步骤包括:

[0014] a、移动锚节点广播发送包含自身位置的信息;

[0015] b、未知节点接收移动锚节点发送的信息;

[0016] c、对无线传感器网络区域建立二维直角坐标系,在二维直角坐标系内分布一个或若干个未知节点,确定移动锚节点的移动路径,移动锚节点每隔周期 $T$ 移动一定距离,且以移动锚节点此刻所在位置为圆心,通信半径为 $r$ 的圆广播信标信号,信标信号中包括该时刻移动锚节点的位置信息和该时刻的时间,移动锚节点移动的路径为正三角形,正三角形的边长为 $d$ ,且 $d=r$ ;

[0017] d、未知节点不断监听接受信标信息,接收到移动锚节点广播的三个信标信息,若该三个信标信息的位置组成正三角形,且未知节点位于正三角形内,则通过三边测量法,获得未知节点的位置信息;若未知节点位于无线传感器网络区域的边界处,未知节点接收到

三个信标信息的位置组成钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形,且未知节点位于钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形内,则以接收到的三个信标信息坐标的平均值作为未知节点的位置,获得未知节点的位置信息。

[0018] 在上述的无线传感器网络定位方法中,所述移动锚节点与未知节点间距离采用接收信号强度方法测量。

[0019] 在上述的无线传感器网络定位方法中,所述移动锚节点的通信半径 $r$ 的具体设定方法为:

[0020] 建立目标函数和约束函数,以及设定通信半径 $r$ 的范围,

[0021] 建立的目标函数是 
$$\min f(r) = \frac{\frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r}{r} (E_{Tx} \times k_1 + \varepsilon_{amp} \times k_1 \times (k_2 r)^2) + k_3 \left( \frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r \right),$$

[0022] 建立的约束函数是  $\frac{L}{r}$  为整数,且 $r$ 取整数,

[0023] 设定的通信半径 $r$ 的范围是 $r_1 \leq r \leq r_2$ ,

[0024] 其中: $L$ 为无线传感器网络区域的长度,

[0025]  $h$ 为无线传感器网络区域的宽度,

[0026]  $E_{Tx}$ 为发射装置每发送或接收单位 bit 的耗能,

[0027]  $\varepsilon_{amp}$ 为发射放大器将每 bit 传送单位平方米所耗的能量,

[0028]  $k_1$ 为信息包的大小,

[0029]  $k_2$ 为常数,

[0030] 为移动锚节点每移动 1m 消耗的能量,

[0031]  $f(r)$ 为移动锚节点消耗的总能量,

[0032]  $r_1$ 、 $r_2$ 为通信半径 $r$ 的范围,

[0033] 然后,由计算机算出满足上述条件的通信半径 $r$ 的值。

[0034] 在上述的无线传感器网络定位方法中,所述的移动锚节点具有 GPS 定位装置,作为定位未知节点的参考节点,移动锚节点向其周围的未知节点广播包含其位置信息和自身 ID 的信标信息数据包,移动锚节点的通信范围为半径 $r$ 的圆。

[0035] 与现有技术相比,本发明所具有的积极效果是:

[0036] (1) 定位过程中不需要额外的通信开销,仅仅通过接收信号强度即可完成定位,并且移动锚节点按照正三角形路径移动,移动定位精度最高;

[0037] (2) 对网络的节点密度没有限制,无论是在密集网络还是在稀疏网络中,对定位精度没有影响,从而有很好的扩展性,不易受环境影响;

[0038] (3) 本发明只需要一个移动锚节点,即可获知无线传感器网络区域内所有未知节点的位置信息,降低了网络的成本。

[0039] 移动锚节点的通信范围为圆形,符合实际情况,易于在现实环境中实施,并且定位精度高。

## 附图说明

- [0040] 图 1 为本发明无线传感器网络定位方法的流程图；  
 [0041] 图 2 为正三角形定位方法计算未知节点的示意图；  
 [0042] 图 3 为未知节点随机分布图；  
 [0043] 图 4 为移动锚节点定位示意图；  
 [0044] 图 5 为移动锚节点移动路径和发射信息包位置的示意图。

## 具体实施方式

- [0045] 以下结合附图及实施例对本发明作进一步的详细说明。
- [0046] 如图 1、2、3、4、5 所示，一种无线传感器网络定位方法，其步骤包括：
- [0047] a、移动锚节点广播发送包含自身位置的信息；
- [0048] b、未知节点接收移动锚节点发送的信息；
- [0049] c、对无线传感器网络区域建立二维直角坐标系，在二维直角坐标系内分布一个或若干个未知节点，确定移动锚节点的移动路径，移动锚节点每隔周期  $T$  移动一定距离，且以移动锚节点此刻所在位置为圆心，通信半径为  $r$  的圆广播信标信号，信标信号中包括该时刻移动锚节点的位置信息和该时刻的时间，移动锚节点移动的路径为正三角形，正三角形的边长为  $d$ ，且  $d = r$ ；
- [0050] d、未知节点不断监听接受信标信息，接收到移动锚节点广播的三个信标信息，若该三个信标信息的位置组成正三角形，且未知节点位于正三角形内，则通过三边测量法，获得未知节点的位置信息；若未知节点位于无线传感器网络区域的边界处，未知节点接收到三个信标信息的位置组成为钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形，且未知节点位于钝角三角形或者为直角三角形或者为其余三角形内，则以接收到的三个信标信息坐标的平均值作为未知节点的位置，获得未知节点的位置信息。
- [0051] 在上述的无线传感器网络定位方法中，所述移动锚节点与未知节点间距离采用接收信号强度方法测量。
- [0052] 在上述的无线传感器网络定位方法中，所述移动锚节点的通信半径  $r$  的具体设定方法为：
- [0053] 建立目标函数和约束函数，以及设定通信半径  $r$  的范围，
- [0054] 建立的目标函数是 
$$\min f(r) = \frac{\frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r}{r} (E_{Tx} \times k_1 + \varepsilon_{amp} \times k_1 \times (k_2 r)^2) + k_3 \left( \frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r \right),$$
- [0055] 建立的约束函数是  $\frac{L}{r}$  为整数，且  $r$  取整数，
- [0056] 设定的通信半径  $r$  的范围是  $r_1 \leq r \leq r_2$ ，
- [0057] 其中： $L$  为无线传感器网络区域的长度，
- [0058]  $h$  为无线传感器网络区域的宽度，
- [0059]  $E_{Tx}$  为发射装置每发送或接收单位 bit 的耗能，
- [0060]  $\varepsilon_{amp}$  为发射放大器将每 bit 传送单位平方米所耗的能量，

[0061]  $k_1$  为信息包的大小,

[0062]  $k_2$  为常数,

[0063] 为移动锚节点每移动 1m 消耗的能量,

[0064]  $f(r)$  为移动锚节点消耗的总能量,

[0065]  $r_1, r_2$  为通信半径  $r$  的范围,

[0066] 然后, 由计算机算出满足上述条件的通信半径  $r$  的值。

[0067] 在上述的无线传感器网络定位方法中, 所述的移动锚节点具有 GPS 定位装置, 作为定位未知节点的参考节点, 移动锚节点向其周围的未知节点广播包含其位置信息和自身 ID 的信标信息数据包, 移动锚节点的通信范围为半径  $r$  的圆。

[0068] 本实施例中所有未知节点在无线传感器网络区域内为随机分布(如图 3 所示), 移动锚节点对无线传感器网络进行初始化移动锚节点从坐标原点开始移动(如图 4 所示)。

[0069] 本发明无线传感器网络定位方法的具体工作过程为:

[0070] 如图 1 所示, 移动锚节点按照正三角形的路径移动并广播发送包含自身位置的信息;

[0071] 通过计算可知移动锚节点的定位误差是:  $S_p = 2\varepsilon^2 \left( \tan \frac{\alpha_{1,2}}{2} + \tan \frac{\alpha_{2,3}}{2} + \tan \frac{\alpha_{3,1}}{2} \right)$ , 当

$\alpha_{1,2} = \alpha_{2,3} = \alpha_{3,1} = \frac{\pi}{3}$  时, 定位的误差区域  $S_p$  达到最小为  $2\sqrt{3}\varepsilon^2$ , 即三个信息包组成为正三

角形, 其中  $\varepsilon$  是距离测量误差,  $\alpha_{1,2}, \alpha_{2,3}, \alpha_{3,1}$  边长之间的夹角, 从而可知移动锚节点的移动路径确定为正三角形; 由于当移动锚节点发射三个信标信息的位置构成边长为  $r$  的等边三角形, 传感器网络无漏洞覆盖的区域面积最大, 故本发明中移动锚节点按照预先规定的正三角形路径移动, 且形成的正三角形边长为  $r$ ;

[0072] 其中, 移动锚节点的通信半径  $r$  为预先设定的值, 假设无线传感器网络区域的长度  $L$  为  $100m$ 、宽度  $h$  为  $90m$ , 则无线传感器网络区域的面积为  $100m \times 90m$ , 设定通信半径的范围  $r$  为  $(10m, 40m)$  以及约束条件  $\frac{L}{r}$  为整数, 且  $r$  取整数,  $E_{Tx} = 50mJ/bit$ ,

$\varepsilon_{amp} = 100pJ/bit/m^2$ ,  $k_1 = 512bit$ ,  $k_2 = 1$ ,  $k_3 = 1 \times 10^{-5}J$ ,

[0073] 则使得  $f(r) = \frac{\frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r}{r} (E_{Tx} \times k_1 + \varepsilon_{amp} \times k_1 \times (k_1 r)^2) + k_1 \left( \frac{4Lh}{\sqrt{3}r} + h - \frac{\sqrt{3}}{2}r \right)$ ,

[0074]  $= 0.59122r^2 - 4.434 \times 10^{-8} \times r^2 + 233.46 \times 10^{-3}r - 3.54 \times 10^{-6}r + 2.182 \times 10^{-3}$  的值最小, 可算出移动锚节点的通信半径  $r$  为  $40m$ 。

[0075] 如图 1 所示, 未知节点接收移动锚节点发送的信息, 其中, 移动锚节点每隔周期  $T$  移动一定距离, 且以移动锚节点此刻所在位置为圆心, 通信半径为  $r$  的圆广播信标信号, 信标信号中包括该时刻移动锚节点的位置信息和该时刻的时间; 如图 5 所示, 移动锚节点每移动  $r$  的距离即发射一个信息包, 其中  $r$  是移动锚节点的通信半径。

[0076] 如图 1 所示,未知节点不断监听接收信标信息,接收到三个信标信息后,这三个信标信息应呈正三角形,计算接收到每个锚节点到未知节点的距离,根据三边测量法,获得未知节点的位置信息。

[0077] 如图 5 所示,若未知节点  $(x, y)$  接收到的三个信标信息组成的三角形为正三角形,且三个信标信息的位置为  $((x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3))$ , 则未知节点  $(x, y)$  根据接收到的该三个信标信息通过三边测量法即可计算出该未知节点的位置,即通过公式  $(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 = d_1^2, (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 = d_2^2, (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 = d_3^2$ , 获得未知节点的坐标  $(x, y)$  ;

[0078] 若未知节点  $(x', y')$  为边缘节点,接收到的三个信标信息的位置为  $((x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3))$ , 则未知节点  $(x', y')$  根据接收到的该三个信标信息的坐标平均值计算出该未知节点的位置,即根据公式  $(\frac{x_1+x_2+x_3}{3}, \frac{y_1+y_2+y_3}{3})$ , 获得该未知节点的坐标  $(x', y')$ 。

[0079] 本发明具有简单可靠、且定位精度高的优点,只用了一个移动锚节点就实现了传感器未知节点的定位,降低了对硬件的要求,节省了网络成本,根据区域优化策略,可以对不规则区域进行优化,使定位精度最优,可扩展性强,移动锚节点采用正三角性的移动路径,移动路径短,使得未知节点定位精度高,具有广泛的应用价值。



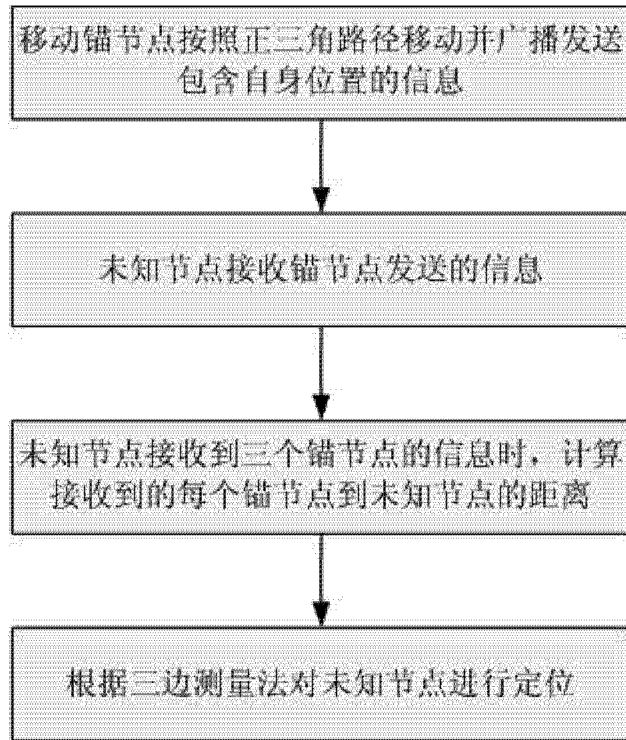


图 1

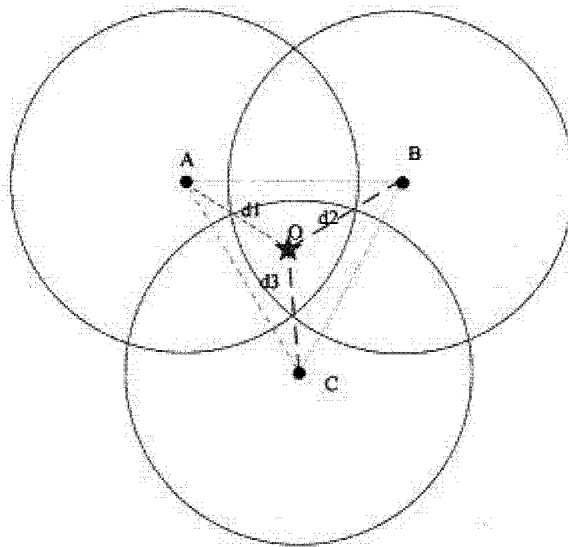


图 2

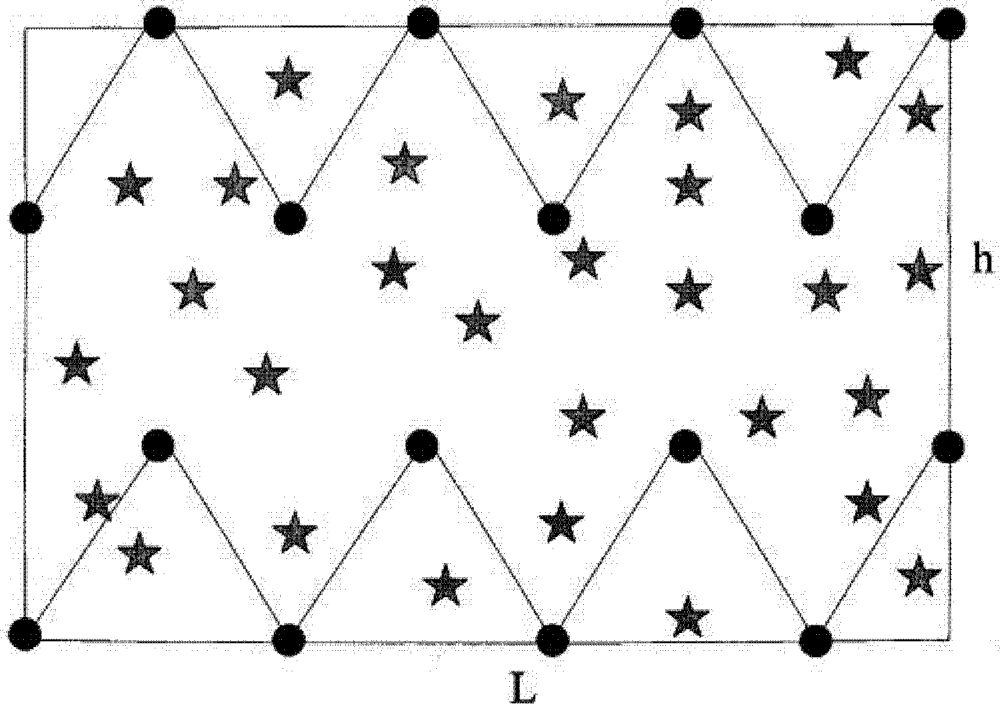


图 3

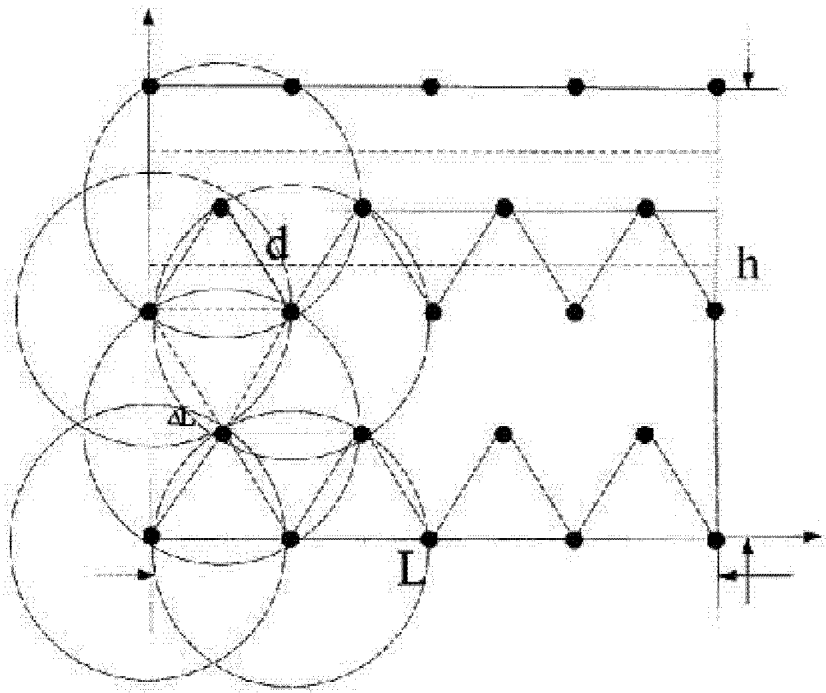


图 4

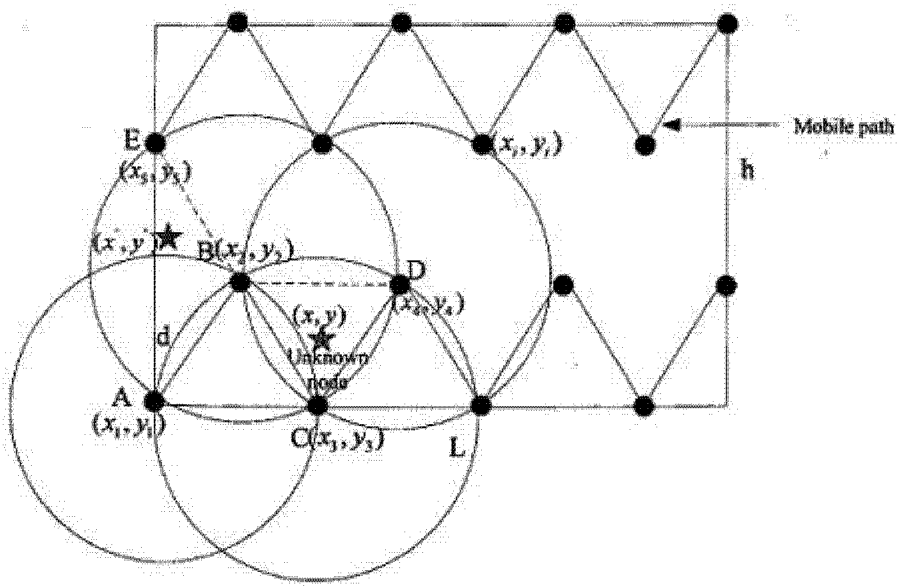


图 5