



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103929717 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201410177645. 2

(22) 申请日 2014. 04. 29

(71) 申请人 哈尔滨工程大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南通大街 145 号哈尔滨工程大学科技处知识产权办公室

(72) 发明人 蔡绍滨 潘虹杞 姚念民 高振国

(51) Int. Cl.

H04W 4/02 (2009. 01)

H04W 64/00 (2009. 01)

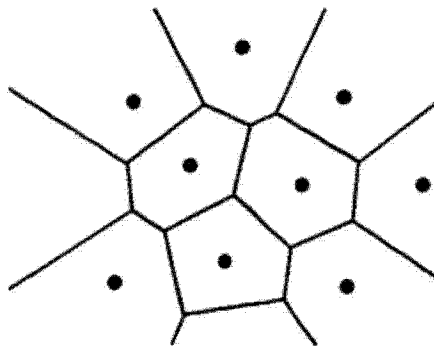
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法

(57) 摘要

本发明属于无线传感器网络研究中的定位技术领域,具体涉及一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法。本发明包括:在无线传感器网络中待定位节点广播定位请求信息,向周围信标节点获取定位信息;所有收到定位请求信息的信标节点向待定位节点返回包含自身坐标和一跳邻居信标节点表的应答信息;待定位节点接收所有邻居信标节点的返回信息,得到邻居信标节点假设,将待定位节点接收到信标节点值按大小排列;将这三个信标节点的平均值赋给计算坐标;计算待定位节点最终的加权平均坐标。本发明将信标节点两两组合,与未知节点构成三角形,并通过底边垂线矫正未知节点位置,又对每两条垂线交点坐标进行加权平均,进一步提高定位精度。



1. 一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 在无线传感器网络中待定位节点 S 广播定位请求信息,向周围信标节点获取定位信息;

(2) 所有收到定位请求信息的信标节点 $A_1, A_2, A_3 \cdots A_n$ 向待定位节点 S 返回包含自身坐标和一跳邻居信标节点表的应答信息;

(3) 待定位节点 S 接收所有邻居信标节点的返回信息,得到邻居信标节点假设 $P_1, P_2, P_3 \cdots P_i$, 将待定位节点 S 接收到信标节点的 RSSI 值按大小排列为 $RSSI_{P_1} > RSSI_{P_2} > \cdots > RSSI_{P_i}$;

(4) 从 i 个信标节点中依次选出三个信标节点,根据加权分界线的计算方法,求出这三个信标节点所成的两条加权分界线;

(5) 联立两条加权分界线,求出计算坐标,并将这三个信标节点的 RSSI 值的平均值赋给计算坐标;

(6) 重复 (4)、(5) 两个步骤直到所有的信标节点都被选出;

(7) 计算待定位节点最终的加权平均坐标。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法,其特征在于:所述步骤 (4) 中将信标节点根据 RSSI 信号强弱顺序两两一组,与未知节点,三点组成三角形,Voronoi 图的边界区域为两信标节点的垂直平分线,未知节点在两信标节点连线为底边的高上,通过未知节点接收到两信标节点的 RSSI 信号,判定三角形两边长度,根据余弦定理,得出高。

3. 根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法,其特征在于:所述步骤 (5) 中得到每两个高的交点坐标,均为待定位未知节点可能坐标,将信标节点的 RSSI 信号值赋予每个交点作为权值。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法,其特征在于:所述步骤 (7) 中根据每个交点的权值加权平均,得到最终定位节点的坐标。

一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 研究中的定位技术领域,具体涉及一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法。

背景技术

[0002] 无线传感器网络 (WSN) 是由部署在特定的监测区域内大量、具有通信能力和计算能力的微小传感器节点构成的自组织分布式网络系统。在无线传感器网络中,节点的位置信息对传感器网络的监测活动起着非常重要的作用,没有位置信息的监测消息是没有意义的。因此,无线传感器网络定位技术的研究是无线传感器网络的关键技术。

[0003] 在无线传感器网络中,由于节点通常是部署在自然环境中,对环境的各种物理信息进行搜集,然后将信息传递给管理人员进行分析,因此节点的位置信息是十分必要的,若管理人员仅仅得到一个物理信息而没有得到该信息的位置信息,那么该信息被认为是无用信息。因此,节点定位技术是 WSN 中最重要的一种技术。例如,当节点用于室外监测时,我们需要知道每个节点监测数据的具体位置;当节点用于医疗监测时,医护人员需要知道病情处于人体的具体部位;当节点用于交通控制时,需要知道被监测车辆的实时位置信息。因此节点定位技术是 WSN 最重要的技术,被称之为是支撑技术。

[0004] 根据不同的标准,我们可以将 WSN 定位算法分为不同的类别,按照是否需要知道节点之间的距离或角度信息可以分为基于距离的和距离无关的;按照信标节点是否参与定位计算中可以分为绝对定位和相对定位。基于 TOA 的定位、基于 TDOA 的定位和基于 AOA 的定位是典型的基于距离的算法。质心算法、DV-Hop 算法和 APIT 算法是典型的距离无关算法。

[0005] 在 WSN 的定位算法中,如果一个算法是距离相关的算法,那么首先应通过特殊的机制得到节点之间的距离信息或相对角度信息,然后根据已知的信息采用三边测量法或三角测量法进行计算得出待定位节点的坐标。如果一个定位算法是距离无关的,那么节点之间的距离或角度信息不是通过测量得出的,而是通过节点之间的连通性估算而得出的。由于测量的结果往往会比估算的结果具有较高的精确度,因此基于距离的定位算法在定位精度上也会比距离无关的定位算法要高,但由于采用了特殊的机制来测量距离或角度信息,因此基于距离算法的计算量也随之提升,并且由于需要对节点进行测距或测角度,这就要求每个节点需要安装特殊的硬件设备,这会造成节点制作成本的提高。综上,当节点成本控制较严格、对精度要求不高的情况下,距离无关的定位算法可以满足要求。

[0006] 质心 (Centroid) 算法是最为典型的距离无关的定位算法,它的大致思想如下:

[0007] 多边形的几何中心成为质心,多边形顶点坐标的平均值就是质心节点的坐标。质心定位算法首先确定包含未知节点的区域,计算这个区域的质心,并将其作为未知节点的位置。

[0008] 在质心算法中,信标节点周期性地向邻居节点广播信标分组,信标分组中包含信标节点的标识号和位置信息。当未知节点收到来自不同信标节点的信标分组数量超过某一

个门限值或接收一定时间后,就确定自身位置为这些信节点所组成的多边形的质心。

[0009] 质心算法完全基于网络连通性,无需信标节点和未知节点之间的协调,因此比较简单,容易实现。用质心作为实际位置本身就是一种估计,这种估计的精确度与信标节点的密度以及分布有很大关系,密度越大,分布越均匀,定位精度越高。

发明内容

[0010] 针对现有无线传感器网络距离无关定位算法存在定位精度低的问题,本发明提出了一种提高定位精度的一种基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位方法。

[0011] 本发明的目的是这样实现的:

[0012] (1) 在无线传感器网络中待定位节点 S 广播定位请求信息,向周围信标节点获取定位信息;

[0013] (2) 所有收到定位请求信息的信标节点 $A_1, A_2, A_3 \cdots A_n$ 向待定位节点 S 返回包含自身坐标和一跳邻居信标节点表的应答信息;

[0014] (3) 待定位节点 S 接收所有邻居信标节点的返回信息,得到邻居信标节点假设 $P_1, P_2, P_3 \cdots P_i$, 将待定位节点 S 接收到信标节点的 RSSI 值按大小排列为 $RSSI_{P_1} > RSSI_{P_2} > \cdots > RSSI_{P_i}$;

[0015] (4) 从 i 个信标节点中依次选出三个信标节点,根据加权分界线的计算方法,求出这三个信标节点所成的两条加权分界线;

[0016] (5) 联立两条加权分界线,求出计算坐标,并将这三个信标节点的 RSSI 值的平均值赋给计算坐标;

[0017] (6) 重复 (4)、(5) 两个步骤直到所有的信标节点都被选出;

[0018] (7) 计算待定位节点最终的加权平均坐标。

[0019] 步骤 (4) 中将信标节点根据 RSSI 信号强弱顺序两两一组,与未知节点,三点组成三角形,Voronoi 图的边界区域为两信标节点的垂直平分线,未知节点在两信标节点连线为底边的高上,通过未知节点接收到两信标节点的 RSSI 信号,判定三角形两边长度,根据余弦定理,得出高。

[0020] 步骤 (5) 中得到每两个高的交点坐标,均为待定位未知节点可能坐标,将信标节点的 RSSI 信号值赋予每个交点作为权值。

[0021] 步骤 (7) 中根据每个交点的权值加权平均,得到最终定位节点的坐标。

[0022] 本发明的有益效果在于:将信标节点两两组合,与未知节点构成三角形,并通过底边垂线矫正未知节点位置,又对每两条垂线交点坐标进行加权平均,进一步提高定位精度。

附图说明

[0023] 图 1 是本发明基于权重 Voronoi 图定位算法中 Voronoi 图的基本原理,其中边界为每两个信标节点中垂线交出的区域。

[0024] 图 2 是信标节点的加权分界线定义的示意图。

[0025] 图 3 是未知节点与两信标节点形成锐角三角形的情况。

[0026] 图 4 是未知节点与两信标节点形成直角三角形的情况。

[0027] 图 5 是未知节点与两信标节点形成钝角三角形的情况。

[0028] 图 6 是信标节点个数与计算复杂度的关系。

[0029] 图 7 是定位精度与通信距离之间的关系。

[0030] 图 8 是定位精度与信标节点密度之间的关系。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

[0032] 本发明提供了一种精度高的基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位算法 (WVBSL)。首先,待定位节点根据其邻居信标节点的 RSSI 信号值来估算它和邻居信标节点间的距离,并按距离由小到大的顺序将每三个距离相近的信标节点划分为一组;其次,节点与一组的两个信标节点构成一个三角形,并求出以待定位节点为顶点以信标节点连线为底边的三角形的权重平分线;再次,利用三条权重平分线可以得到待定位节点的一个估计坐标,并将该组中最大的 RSSI 值作为该估计坐标的权重值;最后,将所有分组的估计坐标的加权平均值作为待定位节点的估计坐标。WVBSL 具有较低的计算复杂度和较高的定位精度。

[0033] 本发明的基于权重 Voronoi 图的无线传感器网络定位算法,其步骤为:

[0034] (1) 将 $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ 定义为无线传感器网络区域内的信标节点, S 为待定位节点。待定位节点 S 向周围广播一个请求定位的信息 Request;

[0035] (2) 所有接收到该信息的信标节点向其返回一个包含自身位置的信息 Reply, 节点 S 接收完所有信息后,按信号强度由大到小对信标节点进行排序。并且假设节点 S 接收到信标节点的 RSSI 信号强度按大小排列为 $RSSI_{P_1} > RSSI_{P_2} > \dots > RSSI_{P_j}$;

[0036] (3) 根据 Voronoi 图的性质,我们可知未知节点 S 在信标节点 P_1 的 Voronoi 区域内。计算 P_1 的 Voronoi 区域,并赋予此区域内所有的点权值 $RSSI_{P_1}$;

[0037] (4) 求出以 $SP_1P_2, SP_2P_3 \dots SP_{k-1}P_k$ 组成三角形底边上的高所在的方程 $L_1, L_2 \dots L_{k-1}$;

[0038] (5) 求 L_1, L_2 的交点 Q_1, L_2, L_3 的交点 $Q_2, \dots L_{k-2}, L_{k-1}$ 的交点 Q_{k-2} , 并将 $P_1, P_2, \dots P_{k-2}$ 的 RSSI 信号值赋予点 $Q_1, Q_2, \dots Q_{k-2}$ 作为权值;

[0039] (6) 求点 Q_1 到 Q_{k-2} 加权平均坐标。

[0040] 在 VBSL 定位算法中,每个信标节点的 Voronoi 区域是通过 Voronoi 图 (如图 1) 的性质求得而来,其每条边都是该信标节点与周围一跳邻居信标节点的中垂线。然而在实际环境中,如果一个待定位节点 S_i 接收到 A_i 这个信标节点发送信息的 RSSI 值较大,而接收到 A_j 这个信标节点发送信息的 RSSI 信号值较小,那么可以认为待定位 S_i 与 A_i 的距离较近,而与 A_j 的距离较远。因此 S_i 应靠近信标节点 A_i 一侧,如图 2 所示。

[0041] 图 2 中的虚线表示信标节点 A_i 与 A_j 之间的 Voronoi 边界,这条虚线是两节点之间连线的中垂线。然而在实际中可以发现定位节点 S_i 恰好位于图中的点划线上,将这条点划线命名为节点 A_i 与节点 A_j 关于待定位节点 S_i 的加权 Voronoi 图分界线,简称为加权分界线。

[0042] 假设待定位节点 S 可以接到信标节点 $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ 的信号,当节点 S 和任意两个信标节点 P_i, P_j 间的距离为 d_i, d_j (设 $d_i < d_j$), 则待定位节点 S 与 P_i, P_j 可以构成一个三角形 SP_iP_j 。设节点 S 在底边 P_iP_j 的权重平分线所在的直线上,则我们可以选取此直线作为信标节点 P_i 与 P_j 的区域边界。再选取信标节点 P_m, P_n , 重复上边的方法,那么我们可以我们最终

可以得到一个更精确的 Voronoi 区域。

[0043] 由于假设 $d_i < d_j$, 那么在构成的三角形 SP_iP_j 中 $\angle SP_iP_j > \angle SP_jP_i$ 。为了求出权重平分线的直线方程 L , 我们需要求出 L 的斜率 k_L 和 L 与底边 P_iP_j 的交点 P 的坐标。由直线斜率性质可知, L 的斜率为底边 P_iP_j 斜率的倒数的相反数, 即 $k_L = -\frac{x_j - x_i}{y_j - y_i}$ 。下面分三种

情况来求直线与底边的交点 P 的坐标 $P(x_0, y_0)$ 。

[0044] 1、当 $\angle SP_iP_j$ 为锐角时 (如图 3)

[0045] 当为锐角时, 首先我们计算

$$[0046] \quad \begin{cases} s_1 = d_i^2 - d_j^2 + d_{i,j}^2 \\ s_2 = d_j^2 - d_i^2 + d_{i,j}^2 \end{cases} \quad (1)$$

[0047] 由余弦定理可知 s_1, s_2 都大于零, 则我们可以选取比例系数为 $l = \frac{s_2}{s_1}$, 系数 l 表示的是向量 $\vec{P_iP}$ 和向量 $\vec{PP_j}$ 的模的长度的比。即

$$[0048] \quad l = \frac{s_2}{s_1} = \frac{|\vec{P_iP}|}{|\vec{PP_j}|} \quad (2)$$

[0049] 由于 s_1, s_2 可以计算出来, P_i, P_j 位置已知, 我们可以求出点 P 的坐标 $P(x_0, y_0)$ 。

$$[0050] \quad x_0 = \frac{x_i + lx_j}{1+l}, \quad y_0 = \frac{y_i + ly_j}{1+l} \quad (3)$$

[0051] 将求出的斜率 k_L 和点 $P(x_0, y_0)$ 带入到方程 $y - y_0 = k(x - x_0)$ 中。由此可得出方程:

$$[0052] \quad y = k_L x + \frac{y_i - k_L x_i + l(y_j - k_L x_j)}{1+l} \quad (4)$$

[0053] 2、当 $\angle SP_iP_j$ 为直角时 (如图 4)

[0054] 当 $\angle SP_iP_j$ 为直角时, 直线 L 就为三角形的一边 P_iS , 所以直线 L 斜率 k_L 依然为 $k_L = -\frac{x_j - x_i}{y_j - y_i}$, L 与底边 P_iP_j 的交点就为点 $P_i(x_i, y_i)$ 。由此可求出直线 L 的方程:

$$[0055] \quad y = k_L x + y_i - k_L x_i \quad (5)$$

[0056] 3、当 $\angle SP_iP_j$ 为钝角时 (如图 5)

[0057] 当 $\angle SP_iP_j$ 为钝角时, 依然计算

$$[0058] \quad \begin{cases} s_1 = d_i^2 - d_j^2 + d_{i,j}^2 \\ s_2 = d_j^2 - d_i^2 + d_{i,j}^2 \end{cases} \quad (6)$$

[0059] 此时 $s_1 > 0, s_2 < 0$, 那么我们选择的比例系数 $l = -\frac{s_2}{s_1}$ 。

[0060] 同理我们可以求出点 P 的坐标 $P(x_0, y_0)$ 。

$$[0061] \quad x_0 = \frac{x_i - lx_j}{1-l}, \quad y_0 = \frac{y_i - ly_j}{1-l} \quad (7)$$

[0062] 即,可得出 L 的方程。

$$[0063] \quad y = k_L x + \frac{l(y_j - k_L x_j) - (y_i - k_L x_i)}{l-1} \quad (8)$$

[0064] 本仿真实验是在 WindowXp 系统下利用 MATLAB7.0 软件对基于加权 Voronoi 图定位算法 (WVBS) 的性能进行仿真分析。

[0065] WVBS 定位算法的计算量主要是从 n 个信标节点中选取 3 个作为一个分组,这样一共可以组成 $\binom{n}{3}$ 个三角形;计算任意两个节点的加权分界线,需要计算乘除法的个数为 10 次,所有 n 个节点全部计算需要的计算量为 $10 \binom{n}{2}$,然后在任意一个三角形内求两条加权分界线的交点需要计算的乘法个数为 6 次,综上所述,WVBS 定位算法所需要的计算量为 $10 \binom{n}{2} + 6 \binom{n}{3}$ 。因此其计算复杂度为 $o(n^3)$,如图 6。

[0066] 定义相对误差为 $E = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} / L$ 。其中, x 和 y 分别代表未知节点的实际坐标, x_0 和 y_0 代表经过加权平均的定位坐标, L 为两坐标之间的距离。

[0067] 实验用相对误差来评价定位算法,相对误差是绝对误差与节点之间距离的比值。由于 WSN 的规模差距较大,有些网络较大,有成百上千的节点,而有的网络规模较小。因此绝对误差不能很好的反应一个定位算法相对于某个特定网络的优劣,采用相对误差可以较好的表示该算法的精度指标。

[0068] 定位精度与通信半径关系的实验仿真参数设置为在 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的区域,在该区域内随机生成 25 个节点作为 WSN 中的信标节点。为了体现仿真的真实性,每次实验的待定位节点都是随机生成的,可以分布在网络中部或边界等任意区域。节点之间通讯采用 Shadowing 模型,本实验结果为仿真模拟 5000 次的平均结果。

[0069] 图 7 中可以看出,WVBS 定位算法随着通信半径逐渐加大,算法的定位精度都有了较大的提高,这是因为通信半径的增加会使得更多的信标节点进行参与到待定位节点的定位过程中来,对 WVBS 定位算法来说,由于是采用加权分界线的交点进行定位,通信半径的扩大虽然使得外围更多的信标节点参与到定位过程中,但是受 RSSI 值的衰减因素影响,由较远的信标节点得出计算坐标与真实坐标的误差较大。在加权机制的影响下,该误差不会对最终计算坐标产生较大影响。

[0070] 定位精度与信标节点密度关系的实验仿真环境为在 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 的区域,节点之间的通信半径为 $50\sqrt{2}\text{m}$,即区域内所有的节点都能进行相互通信。第一次实验为随机生成 5 个信标节点,仿真定位 5000 次求出平均相对误差;接下来每次实验都增加 5 个信标节点,直至区域内信标节点的个数达到 30 个。

[0071] 从图 8 中我们可以看出,当通信范围内信标节点个数逐渐增多的时候,定位精度逐渐增加,增加的幅度不大,但是相对误差维持在一个很小的范围内,算法的定位精度很高。

[0072] 综上,本发明基于加权 Voronoi 图的无线传感器网络定位算法可以获得较高的定位精度和较低的计算复杂度,利用加权平均的思想更好的矫正了未知节点的位置,使定位更加准确。

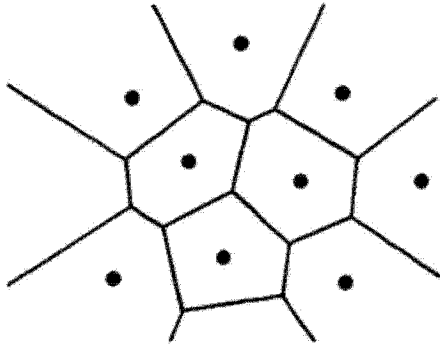


图 1

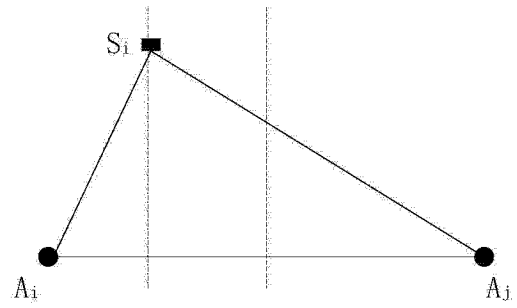


图 2

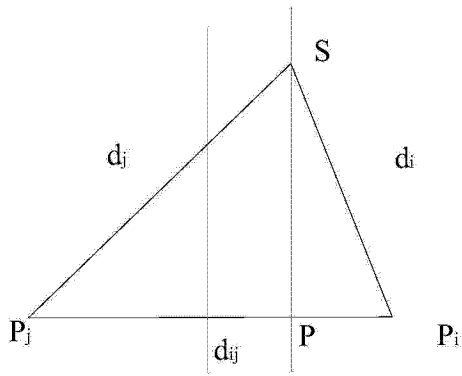


图 3

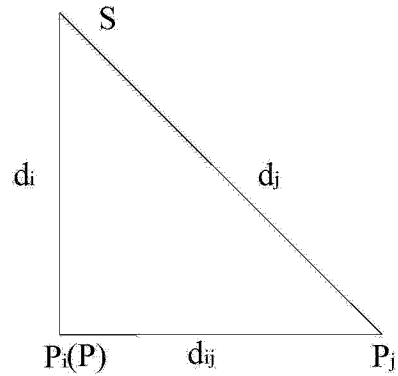


图 4

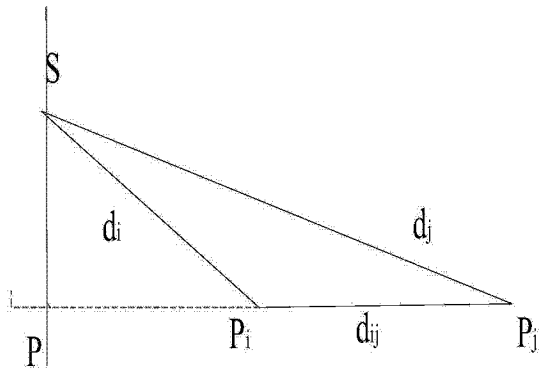


图 5

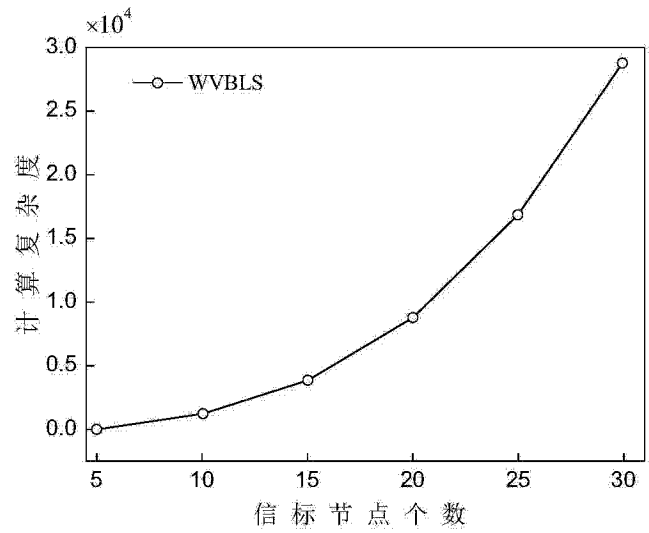


图 6

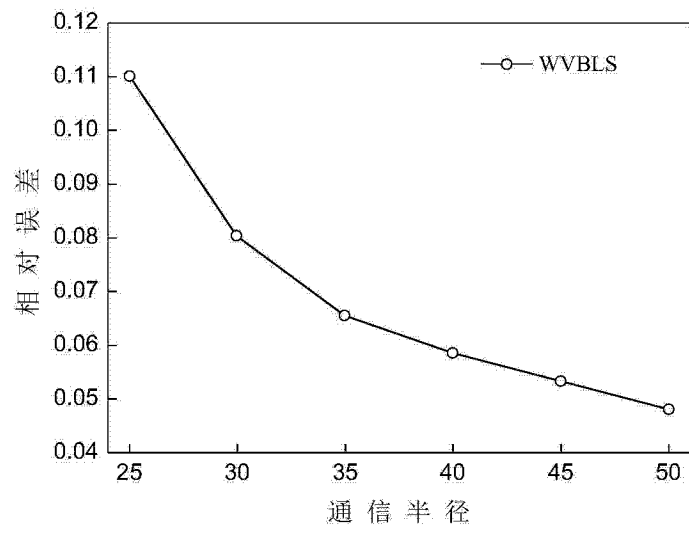


图 7

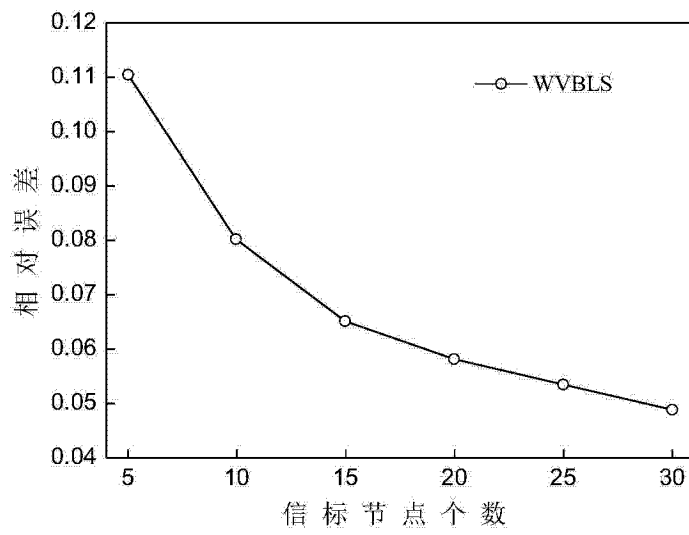


图 8