



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107356905 B

(45) 授权公告日 2023.04.28

(21) 申请号 201710709928.0

G06N 7/08 (2006.01)

(22) 申请日 2017.08.18

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105404783 A, 2016.03.16

申请公布号 CN 107356905 A

CN 106295886 A, 2017.01.04

US 2005196047 A1, 2005.09.08

(43) 申请公布日 2017.11.17

审查员 王蒙

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 吴玉香 关伟鹏 张美琦 谢灿宇

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

专利代理师 李斌

(51) Int. Cl.

G01S 5/16 (2006.01)

G06N 3/006 (2023.01)

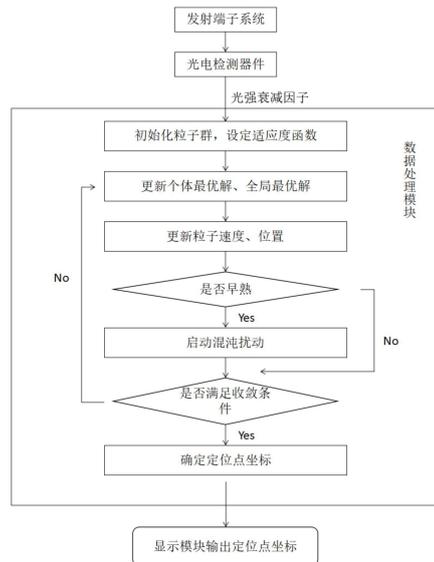
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法及其系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法及其系统,所述系统包括发射端子系统、传输子系统和接收端子系统;发射端子系统包括调制模块和LED模块,通过调制将LED光源的ID位置信息以可见光信号的方式发出,通过传输子系统将所述可见光信号发送至接收端子系统,接收端系统中的光电检测器件检测得出光强衰减因子,将所述光强衰减因子输入到数据处理模块中,数据处理模块包含混沌粒子群优化算法,在粒子群优化算法中引入早熟检验机制,当粒子群发生早熟时通过混沌算法对粒子群进行扰动,生成新的粒子群,最后得出全局最优解,所得到的全局最优解即为定位点坐标,最后通过显示模块输出定位点的三维物理坐标。



1. 一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤1:在定位区域顶部安装N个LED灯,其中 $N \geq 4$,经过调制发射出带有各个LED灯ID信息的可见光信号;位于定位区域下方的接收端通过光电检测器件接收可见光信号得到各个LED灯的光强衰减因子 $H(0)$;

步骤2:通过可见光信号在空间中传播的光强衰减因子的信道增益公式来确定适应度函数,初始化粒子群优化算法所需参数,其中粒子位置对应所定位点的可行解;

步骤3:将所述光强衰减因子与粒子位置输入所述适应度函数,评价每个粒子的适应度,更新个体最优解 P_i 和全局最优解 P_g ;

步骤4:更新粒子的速度和位置;

步骤5:运行早熟检验机制,若粒子种群未早熟收敛,则转步骤6;否则,启动混沌扰动算法,产生新的粒子种群,然后转步骤6;

步骤6:判断收敛条件,若满足收敛条件,则将全局最优解 P_g 作为定位点的坐标;否则,转步骤3。

2. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,其特征在于,步骤2中所述可见光信号在空间中传播的光强衰减因子的信道增益公式为:

$$H(0) = \frac{m_i + 1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\varphi) \cdot G(\varphi) \cdot \cos^{m_t}(\theta) \cdot \cos^{m_r}(\varphi)$$

其中, $H(0)$ 表示各个LED灯的光强衰减因子, d 表示LED灯与接收端的距离, A 表示光电检测器件的有效面积, m_t 表示朗伯发光阶数, m_r 表示接收端的朗伯阶数, θ 为可见光信号相对于法线方向的发射角, φ 为相对于接收端法线方向的可见光信号入射角, $T_s(\varphi)$ 为接收端光滤波器的增益; $G(\varphi)$ 为接收端聚光透镜的增益;

将第 i 个LED灯所对应的衰减因子表示为 $H_i(0)$,定位点的坐标表示为 (x, y, z) ,第 i 个LED灯的坐标表示为 (x_i, y_i, z_i) ,房间高度表示为 H ,通过以下方程能够确定粒子群优化算法的适应度函数:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = \sqrt{\frac{(H - z)^2}{\pi H_i(0)}}。$$

3. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,其特征在于,步骤2中所述的粒子群优化算法所需参数包括:粒子位置、粒子速度、学习因子、惯性权重值、迭代次数、最大迭代次数以及要求精度。

4. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,其特征在于:步骤3中,将适应度函数表示为 $f(x)$,粒子 H_i 的适应度函数表示为 $f(H_i)$,使之与其个体最优解适应度值 $f(P_i)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_i)$,则更新个体最优解 $P_i = H_i$;使之与全局最优解适应度值 $f(P_g)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_g)$,则更新全局最优解 $P_g = H_i$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,其特征在于:步骤4中,表示粒子 a 的 D 维位置为 $H_a = (h_{a1}, h_{a2}, \dots, h_{ab}, \dots, h_{aD})$,粒子 a 的飞行速度为 $V_a = (v_{a1}, v_{a2}, \dots, v_{ab}, \dots, v_{aD})$,粒子 a 的个体最优解为 $P_a = (p_{a1}, p_{a2}, \dots, p_{ab}, \dots, p_{aD})$,整个粒子种群的全局最优解为 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gb}, \dots, p_{gD})$;

更新粒子的速度和位置的公式分别为:

$$v_{ab}(k+1) = \omega v_{ab}(k) + c_1 r_1 (p_{ab} - h_{ab}(k)) + c_2 r_2 (p_{gb} - h_{ab}(k))$$

$$h_{ab}(k+1) = h_{ab}(k) + v_{ab}(k+1)$$

其中, $a=1,2,3\dots s$, s 为粒子种群中粒子的个数; $b=1,2\dots D$, 这里 $D=3$, 表示粒子位置的维数; $h_{ab} \in [L_b, U_b]$, L_b 和 U_b 分别为搜索空间的下界和上界, 对应于粒子位置每一维的取值范围; $v_{ab} \in [v_{\min}, v_{\max}]$, v_{\min} 和 v_{\max} 分别表示粒子飞行的最小速度和最大速度; c_1 和 c_2 为学习因子, r_1 和 r_2 为 $0\sim 1$ 之间的随机数, ω 为惯性权重。

6. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法, 其特征在于: 步骤5中, 将适应度函数表示为 $f(x)$, $P_g(k)$ 表示第 k 次迭代得到的整个粒子种群的全局最优解, $f(P_g(k))$ 表示第 k 次迭代时的全局最优解的适应度函数, $f(P_g(k-1))$ 表示第 $k-1$ 次迭代时的全局最优解的适应度函数, 对于给定非负数 $\Delta \geq 0$, 若有:

$$|f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta$$

成立, 则称粒子种群在第 k 次迭代中对于 Δ 早熟, 称 Δ 为早熟系数;

对于给定的早熟系数 Δ , 若粒子种群在第 k 次迭代前的连续 t_k 次迭代都对 Δ 早熟, 则称 t_k 为粒子种群在第 k 次迭代的早熟周期, 早熟周期 t_k 的更新公式为:

$$t_k = \begin{cases} t_{k-1} + 1, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta \\ 0, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| > \Delta \end{cases}$$

对于给定的早熟周期阈值 T , 当第 k 次迭代有 $t_k \geq T$ 成立, 则对粒子种群进行混沌扰动;

将混沌序列表示为 Z_b^m , 其中 $b=1,2\dots D$, 这里 $D=3$, 表示粒子位置的维数, m 表示新生成的粒子群的粒子数量; 整个粒子种群的全局最优解表示为 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gb}, \dots, p_{gD})$; 当种群早熟时, 对 P_g 进行混沌扰动:

首先对 P_g 进行归一化处理, 得:

$$Z_b = \frac{p_{gb} - p_{gb,\min}}{p_{gb,\max} - p_{gb,\min}}, b = 1, 2, \dots, D$$

其中, $p_{gb,\max}$ 和 $p_{gb,\min}$ 分别为第 b 维变量 p_{gb} 的上界和下界;

通过以下公式产生新的粒子群:

$$p_{g_b^m} = p_{g_b,\min} + (p_{g_b,\max} - p_{g_b,\min}) Z_b^m$$

得到新的粒子群为:

$$P_{g^m} = (p_{g_1^m}, p_{g_2^m}, \dots, p_{g_D^m}), m = 0, 1, 2, \dots$$

对每一个 P_{g^m} 计算其适应度值, 保留适应度值最小的可行解作为新的全局最优解。

7. 根据权利要求1所述的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法的系统, 其特征在于: 所述系统包括发射端子系统、传输子系统和接收端子系统; 所述发射端子系统包括调制模块和LED模块, 其中调制模块将对应每个LED灯物理三维位置的ID信息调制为扩频信号, 并将所述扩频信号传送至LED模块, 所述LED模块包括LED驱动电路和LED灯, LED模块将所接收的扩频信号转换为可见光信号发出; 所述传输子系统为自由空间; 所述接收端子系统包括光电检测器件、数据处理模块和显示模块, 其中光电检测器件通过接受可见光信号确定光强衰减因子, 并将所述光强衰减因子传送至数据处理模块, 数据处理模块中包含混沌粒子群优化算法, 将所述光强衰减因子带入所述混沌粒子群优化算法中, 计算得出定位

点的物理三维坐标,通过显示模块显示定位结果。

一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信技术领域,具体涉及一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法及其系统。

背景技术

[0002] 全球定位系统(Global Positioning System,GPS),是良好的户外应用导航系统,在手机地图服务、汽车导航、船舶和飞机等领域具有广泛的应用,这很大程度上激励了室内定位技术的发展。近年来,室内定位技术受到了广泛的关注,如大型仓库里的物品定位检测、大型建筑内部的导航服务等。然而由于多径衰落、电磁屏蔽效应以及其他无线设备的干扰使得传统的室外定位技术在室内的信号覆盖率较差,用于室内定位存在较大定位误差。故此,近年来诞生了许多基于无线电波的室内定位技术,如:ZigBee、WiFi、RFID、蓝牙、红外定位等,这些方法提供了几米到几十厘米的定位精度。然而,这些定位系统有以下缺点:(i)需要重新配置较多的信号接入点,增加了室内定位系统的成本以及控制的难度;(ii)由于无线信号的空间分布不均匀且稳定性不高,在同一定位位置点上波动性较强,进而限制了定位的精度;(iii)这些无线定位技术均会产生电磁干扰,一方面会受到其他无线服务的影响进而影响定位的质量,另一方面对于类似于医院、机场等电磁敏感的场所并不适用。

[0003] 与上述的室内定位技术不同,可见光室内定位技术是一种基于可见光通信技术(visible light communication,VLC)的室内定位技术,与传统室内定位技术相比具有定位精度高、无电磁干扰、附加模块少、保密性好、兼顾通信与照明等优点,已引起国际上许多专家学者的关注。

[0004] 目前,传统的可见光定位方法大多需要假设待定位点的高度已知,仅仅对剩余的二维空间进行定位;若想要实现三维定位则大多使用RSS算法或AOA算法,但使用RSS算法时,由于光在室内遇障碍物沿非视路传播时其传播模型较为复杂,使定位精度较低、误差较大,AOA算法需要高度复杂的图像传感器阵列,复杂度较高。因此,由于参数的限制,可以使用优化算法实现三维室内可见光定位。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对上述现有技术的不足,提供了一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,所述方法通过早熟检验,以在陷入早熟收敛的种群中启动混沌扰动机制,并通过混沌扰动解决粒子群优化算法早熟收敛的问题,从而提高了定位精度。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种基于混沌粒子群优化的可见光定位系统。

[0007] 本发明的目的可以通过如下技术方案实现:

[0008] 一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,所述方法包括以下步骤:

[0009] 步骤1:在定位区域顶部安装N个LED灯,其中 $N \geq 4$,经过调制发射出带有各个LED灯ID信息的可见光信号;位于定位区域下方的接收端通过光电检测器件接收可见光信号得到各个LED灯的光强衰减因子 $H(0)$;

[0010] 步骤2:通过可见光信号在空间中传播的光强衰减因子的信道增益公式来确定适应度函数,初始化粒子群优化算法所需参数,其中粒子位置对应所定位点的可行解;

[0011] 步骤3:将所述光强衰减因子与粒子位置输入所述适应度函数,评价每个粒子的适应度,更新个体最优解 P_i 和全局最优解 P_g ;

[0012] 步骤4:更新粒子的速度和位置;

[0013] 步骤5:运行早熟检验机制,若粒子种群未早熟收敛,则转步骤6;否则,启动混沌扰动算法,产生新的粒子种群,然后转步骤6;

[0014] 步骤6:判断收敛条件,若满足收敛条件,则将全局最优解 P_g 作为定位点的坐标;否则,转步骤3。

[0015] 进一步地,所述步骤2中可见光信号在空间中传播的光强衰减因子的信道增益公式为:

$$[0016] \quad H(0) = \frac{m_t + 1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\varphi) \cdot G(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta) \cdot \cos^{m_r}(\varphi)$$

[0017] 其中, $H(0)$ 表示各个LED灯的光强衰减因子, d 表示LED灯与接收端的距离, A 表示光电检测器件的有效面积, m_t 表示朗伯发光阶数, m_r 表示接收端的朗伯阶数, θ 为可见光信号相对于法线方向的发射角, φ 为相对于接收端法线方向的可见光信号入射角, $T_s(\varphi)$ 为接收端光滤波器的增益; $G(\varphi)$ 为接收端聚光透镜的增益;

[0018] 将第 i 个LED灯所对应的衰减因子表示为 $H_i(0)$,定位点的坐标表示为 (x, y, z) ,第 i 个LED灯的坐标表示为 (x_i, y_i, z_i) ,房间高度表示为 H ,通过以下方程能够确定粒子群优化算法的适应度函数:

$$[0019] \quad (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = \sqrt{\frac{(H - z)^2}{\pi H_i(0)}}$$

[0020] 进一步地,步骤2中所述的粒子群优化算法所需参数包括:粒子位置、粒子速度、学习因子、惯性权重值、迭代次数、最大迭代次数以及要求精度等。

[0021] 进一步地,步骤3中,将适应度函数表示为 $f(x)$,粒子 H_i 的适应度函数表示为 $f(H_i)$,使之与其个体最优解适应度值 $f(P_i)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_i)$,则更新个体最优解 $P_i = H_i$;使之与全局最优解适应度值 $f(P_g)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_g)$,则更新全局最优解 $P_g = H_i$ 。

[0022] 进一步地,步骤4中,表示粒子 a 的 D 维位置为 $H_a = (h_{a1}, h_{a2}, \dots, h_{ab}, \dots, h_{aD})$,粒子 a 的飞行速度为 $V_a = (v_{a1}, v_{a2}, \dots, v_{ab}, \dots, v_{aD})$,粒子 a 的个体最优解为 $P_a = (p_{a1}, p_{a2}, \dots, p_{ab}, \dots, p_{aD})$,整个粒子种群的全局最优解为 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gb}, \dots, p_{gD})$;

[0023] 更新粒子的速度和位置的公式分别为:

$$[0024] \quad v_{ab}(k+1) = \omega v_{ab}(k) + c_1 r_1 (p_{ab} - h_{ab}(k)) + c_2 r_2 (p_{gb} - h_{ab}(k))$$

$$[0025] \quad h_{ab}(k+1) = h_{ab}(k) + v_{ab}(k+1)$$

[0026] 其中, $a=1, 2, 3, \dots, s$, s 为粒子种群中粒子的个数; $b=1, 2, \dots, D$,这里 $D=3$,表示粒子位置的维数; $h_{ab} \in [L_b, U_b]$, L_b 和 U_b 分别为搜索空间的下界和上界,对应于粒子位置每一维的取值范围; $v_{ab} \in [v_{\min}, v_{\max}]$, v_{\min} 和 v_{\max} 分别表示粒子飞行的最小速度和最大速度; c_1 和 c_2 为学习因子, r_1 和 r_2 为 $0 \sim 1$ 之间的随机数, ω 为惯性权重。

[0027] 进一步地,步骤5中,将适应度函数表示为 $f(x)$, $P_g(k)$ 表示第 k 次迭代得到的整个

粒子种群的全局最优解, $f(P_g(k))$ 表示第 k 次迭代时的全局最优解的适应度函数, $f(P_g(k-1))$ 表示第 $k-1$ 次迭代时的全局最优解的适应度函数, 对于给定非负数 $\Delta \geq 0$, 若有:

$$[0028] \quad |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta$$

[0029] 成立, 则称粒子种群在第 k 次迭代中对于 Δ 早熟, 称 Δ 为早熟系数;

[0030] 对于给定的早熟系数 Δ , 若粒子种群在第 k 次迭代前的连续 t_k 次迭代都对 Δ 早熟, 则称 t_k 为粒子种群在第 k 次迭代的早熟周期, 早熟周期 t_k 的更新公式为:

$$[0031] \quad t_k = \begin{cases} t_{k-1} + 1, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta \\ 0, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| > \Delta \end{cases}$$

[0032] 对于给定的早熟周期阈值 T , 当第 k 次迭代有 $t_k \geq T$ 成立, 则对粒子种群进行混沌扰动;

[0033] 将混沌序列表示为 Z_b^m , 其中 $b=1, 2, \dots, D$, 这里 $D=3$, 表示粒子位置的维数, m 表示新生成的粒子群的粒子数量; 整个粒子种群的全局最优解表示为 $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gb}, \dots, p_{gD})$; 当种群早熟时, 对 P_g 进行混沌扰动:

[0034] 首先对 P_g 进行归一化处理, 得:

$$[0035] \quad Z_b = \frac{p_{gb} - p_{gb,\min}}{p_{gb,\max} - p_{gb,\min}}, b=1, 2, \dots, D$$

[0036] 其中, $p_{gb,\max}$ 和 $p_{gb,\min}$ 分别为第 b 维变量 p_{gb} 的上界和下界;

[0037] 通过以下公式产生新的粒子群:

$$[0038] \quad p_{gb}^m = p_{gb,\min} + (p_{gb,\max} - p_{gb,\min})Z_b^m$$

[0039] 得到新的粒子群为:

$$[0040] \quad P_g^m = (p_{g1}^m, p_{g2}^m, \dots, p_{gD}^m), m=0, 1, 2, \dots$$

[0041] 对每一个 P_g^m 计算其适应度值, 保留适应度值最小的可行解作为新的全局最优解。

[0042] 本发明的另一目的可以通过如下技术方案实现:

[0043] 一种基于混沌粒子群优化的可见光定位系统, 包括发射端子系统、传输子系统和接收端子系统; 所述发射端子系统包括调制模块和LED模块, 其中调制模块将对应每个LED灯物理三维位置的ID信息调制为扩频信号, 并将所述扩频信号传送至LED模块, 所述LED模块包括LED驱动电路和LED灯, LED模块将所接收的扩频信号转换为可见光信号发出; 所述传输子系统为自由空间; 所述接收端子系统包括光电检测器件、数据处理模块和显示模块, 其中光电检测器件通过接受可见光信号确定光强衰减因子, 并将所述光强衰减因子传送至数据处理模块, 数据处理模块中包含混沌粒子群优化算法, 将所述光强衰减因子带入所述混沌粒子群优化算法中, 计算得出定位点的物理三维坐标, 通过显示模块显示定位结果。

[0044] 本发明与现有技术相比, 具有如下优点和有益效果:

[0045] 1、本发明通过RSS算法进行VLC定位, RSS定位方法通过接收LED灯发出的光强来计算LED发射端到接收端的距离, 与AOA、TOA和TDOA等方法相比, 成本低、设备要求更具可行性。

[0046] 2、本发明采用混沌粒子群优化算法进行三维定位, 首次将混沌粒子群优化算法与VLC室内定位相结合, 通过将光强衰减因子代入适应度函数中直接得出定位点的三维坐标,

突破了参数的限制,并且使用混沌粒子群算法有效的提高了定位精度。

附图说明

[0047] 图1为本发明实施例一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法的流程图。

[0048] 图2为本发明实施例一种基于混沌粒子群优化的可见光定位系统的结构图。

[0049] 图3为本发明实施例一种基于混沌粒子群优化的可见光定位系统的模型图。

具体实施方式

[0050] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0051] 实施例:

[0052] 本实施例基于图3所示的模型,根据室内环境的需求布置N个LED灯具,其中,N为正整数,且 $N \geq 4$;以每4个LED灯具作为一个定位的位置单元,定位的终端为光电检测器件,提供了一种基于混沌粒子群优化的可见光定位方法,所述方法的流程图如图1所示,每个LED光源通过光信号发送自己的ID信息,接收端上的光电检测器件通过ID信息得出LED光源的衰减因子 $H(0)$;假设第i个LED光源所对应的衰减因子为 $H_i(0)$,定位点的坐标为 (x, y, z) ,第i个光源的坐标为 (x_i, y_i, z_i) ,房间高度为H,通过以下方程可确定优化算法的适应度函数:

$$[0053] \quad (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2 = \sqrt{\frac{(H-z)^2}{\pi H_i(0)}}$$

[0054] 根据适应度函数评价每个粒子的适应度值,更新个体最优解 P_i 和全局最优解 P_g ;假设适应度函数为 $f(x)$,粒子i的适应度函数为 $f(H_i)$,使之与其个体最优解适应度值 $f(P_i)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_i)$,则更新个体最优解 $P_i = H_i$;使之与全局最优解适应度值 $f(P_g)$ 比较,若 $f(H_i) < f(P_g)$,则更新全局最优解 $P_g = H_i$ 。

[0055] 根据以下公式更新粒子的速度和位置:

$$[0056] \quad v_{ab}(k+1) = \omega v_{ab}(k) + c_1 r_1 (p_{ab} - h_{ab}(k)) + c_2 r_2 (p_{gb} - h_{ab}(k)),$$

$$[0057] \quad h_{ab}(k+1) = h_{ab}(k) + v_{ab}(k+1),$$

[0058] 其中 $a=1, 2, \dots, s$,s表示种群中粒子个数, $b=1, 2, \dots, D$,D为粒子维度数, $H_a = (h_{a1}, h_{a2}, \dots, h_{aD})$ 是第a个粒子的D维位置, $V_a = (v_{a1}, v_{a2}, \dots, v_{aD})$ 是粒子a的飞行速度, $P_a = (p_{a1}, p_{a2}, \dots, p_{aD})$ 是粒子a的个体最优解, $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ 是整个种群的全局最优解。 $h_{ab} \in [L_b, U_b]$, L_b 和 U_b 分别为搜索空间的下界和上界, $v_{ab} \in [v_{\min}, v_{\max}]$, v_{\min} 和 v_{\max} 分别为粒子飞行最小和最大速度, c_1 和 c_2 为学习因子, r_1 和 r_2 为0~1之间的随机数, ω 为惯性权重。

[0059] 运行早熟检验机制,假设适应度函数为 $f(x)$, $P_g(k)$ 为第k次迭代得到的全局最优解,对于给定非负数 $\Delta \geq 0$,若有:

$$[0060] \quad |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta$$

[0061] 成立,则称种群在第k次迭代中对于 Δ 早熟,称 Δ 为早熟系数。

[0062] 对于给定的早熟系数 $\Delta \geq 0$,若种群在第k次迭代前的连续 t_k 次迭代都对 Δ 早熟,

则称 t_k 为种群在第 k 次迭代的早熟周期。早熟周期更新公式为：

$$[0063] \quad t_k = \begin{cases} t_{k-1} + 1, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| \leq \Delta \\ 0, & |f(P_g(k)) - f(P_g(k-1))| > \Delta \end{cases}$$

[0064] 对于给定早熟周期阈值 T ,当第 k 次迭代有 $t_k \geq T$ 成立,则对种群进行混沌扰动。假设 Z_b^m ($b=1, 2, \dots, D; M=0, 1, 2, \dots$)为混沌序列,其中 b 为维度数; $P_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ 为全局最优解,当种群早熟时,对 P_g 进行混沌扰动:

[0065] 将 P_g 进行归一化处理:

$$[0066] \quad Z_b = \frac{p_{gb} - p_{gb,\min}}{p_{gb,\max} - p_{gb,\min}}, b = 1, 2, \dots, D$$

[0067] 其中, $p_{gb,\max}$ 和 $p_{gb,\min}$ 分别为第 b 维变量 p_{gb} 的上界和下界;

[0068] 通过以下公式产生新的粒子群:

$$[0069] \quad p_{g_b^m} = p_{gb,\min} + (p_{gb,\max} - p_{gb,\min})Z_b^m$$

[0070] 得到新的粒子群为:

$$[0071] \quad P_{g^m} = (p_{g_1^m}, p_{g_2^m}, \dots, p_{g_D^m}), m = 0, 1, 2, \dots$$

[0072] 对每一个 P_{g^m} 计算其适应度值,保留适应度值最小的可行解作为新的全局最优解。

对混沌扰动后产生的全局最优解判断是否满足收敛条件,若满足,则将全局最优解 P_g 作为定位点坐标,否则,更新个体最优解 P_i 和全局最优解 P_g ,寻找满足收敛条件的全局最优解 P_g 。

[0073] 若种群未早熟收敛,则直接对全局最优解判断是否满足收敛条件,若满足,则将全局最优解 P_g 作为定位点坐标,否则,更新个体最优解 P_i 和全局最优解 P_g ,寻找满足收敛条件的全局最优解 P_g 。

[0074] 最终得到的满足收敛条件的全局最优解 P_g 即为定位点的物理三维坐标。

[0075] 所述方法基于图2所示的一种基于混沌粒子群优化的可见光定位系统,包括发射端子系统、传输子系统和接收端子系统;所述发射端子系统包括调制模块和LED模块,其中调制模块将对应每个LED灯物理三维位置的ID信息调制为扩频信号,并将所述扩频信号传送至LED模块,所述LED模块包括LED驱动电路和LED灯,LED模块将所接收的扩频信号转换为可见光信号发出;所述传输子系统为自由空间;所述接收端子系统包括光电检测器件、数据处理模块和显示模块,其中光电检测器件通过接受可见光信号确定光强衰减因子,并将所述光强衰减因子传送至数据处理模块,数据处理模块中包含混沌粒子群优化算法,将所述光强衰减因子带入所述混沌粒子群优化算法中,计算得出定位点的物理三维坐标,通过显示模块显示定位结果。

[0076] 以上所述,仅为本发明专利较佳的实施例,但本发明专利的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明专利所公开的范围内,根据本发明专利的技术方案及其发明专利构思加以等同替换或改变,都属于本发明专利的保护范围。

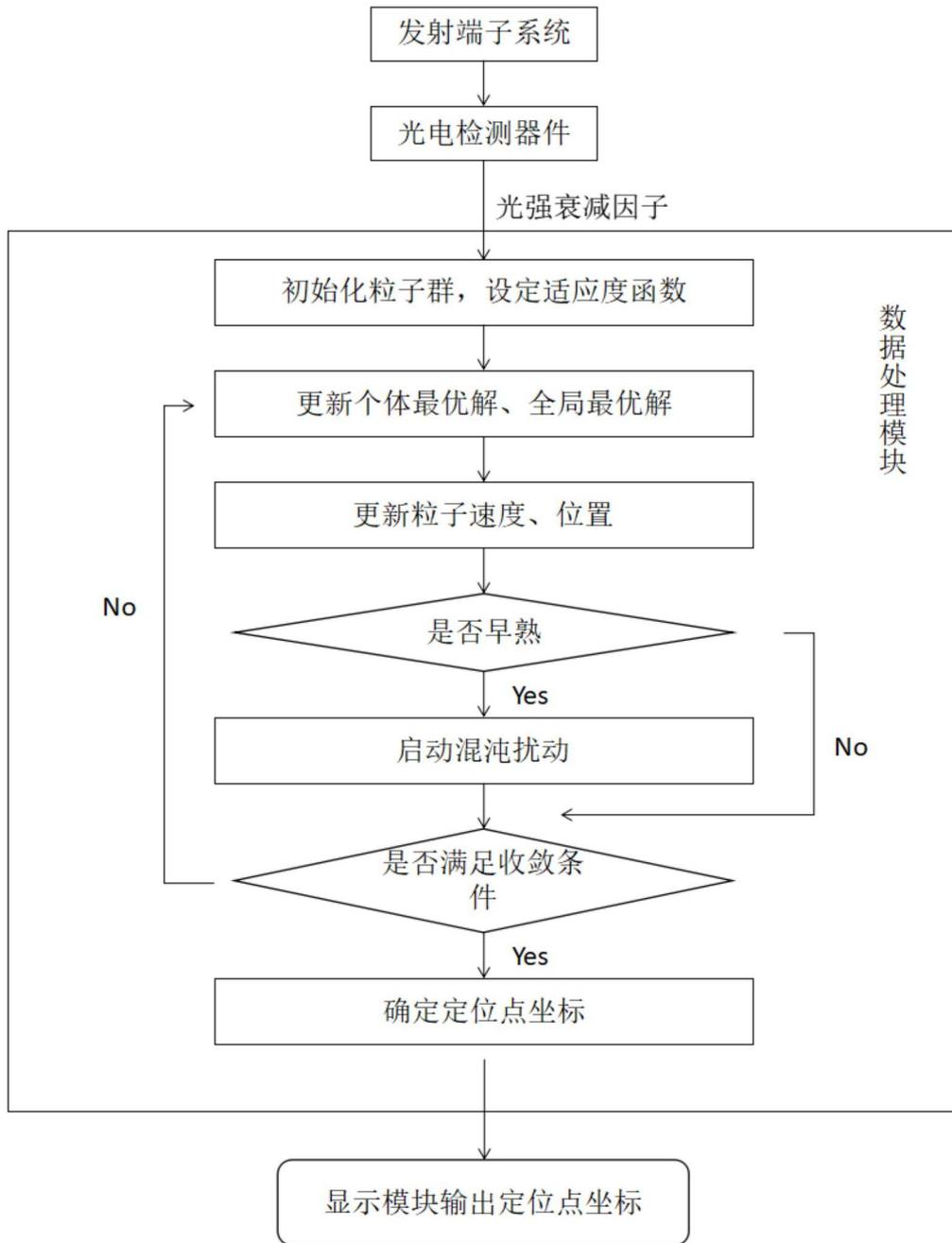


图1

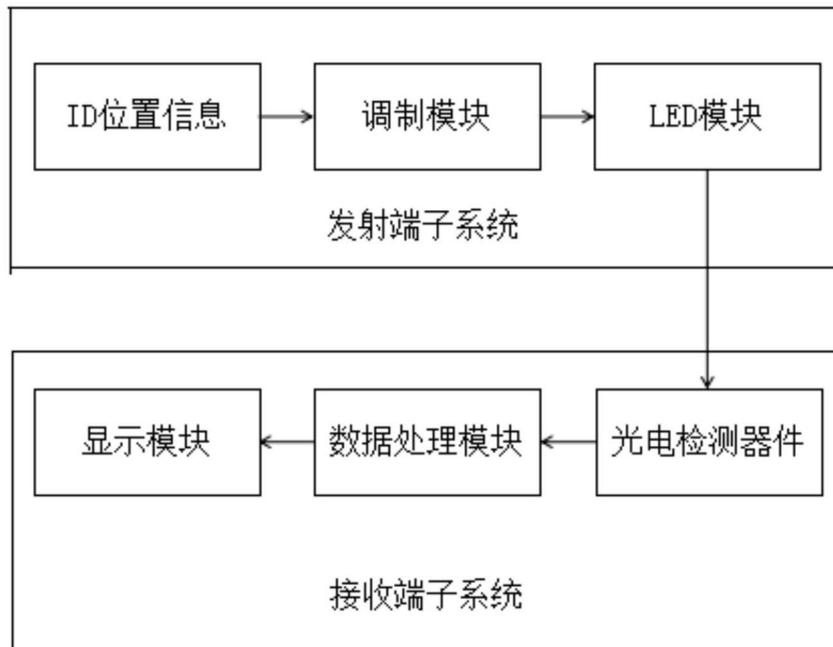


图2

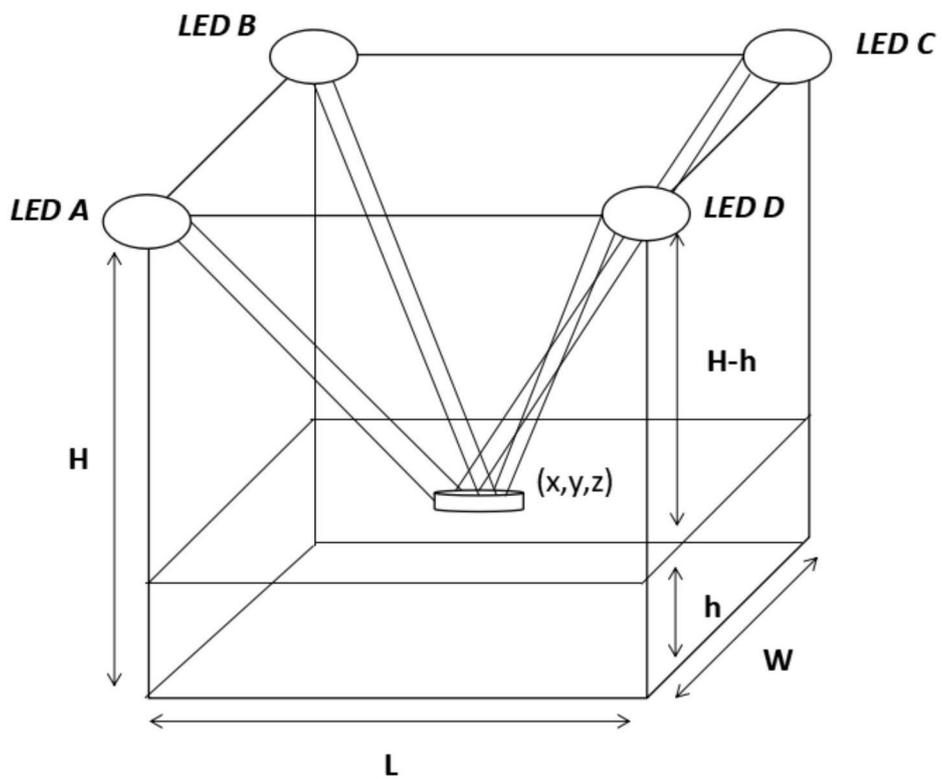


图3