



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107167768 B

(45) 授权公告日 2023.04.21

(21) 申请号 201710400906.6

H04B 10/116 (2013.01)

(22) 申请日 2017.05.31

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107167768 A

CN 105871462 A, 2016.08.17

CN 106209235 A, 2016.12.07

CN 106301565 A, 2017.01.04

(43) 申请公布日 2017.09.15

CN 106483500 A, 2017.03.08

(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

US 2003050902 A1, 2003.03.13

US 2013308570 A1, 2013.11.21

审查员 王蒙

(72) 发明人 吴玉香 陈昊 李思敏 关伟鹏
陈颖聪 文尚胜

(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 罗观祥

(51) Int. Cl.
G01S 5/16 (2006.01)

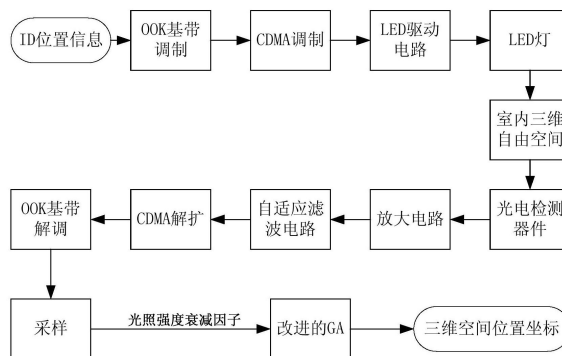
权利要求书4页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其定位系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于遗传算法高精度可见光定位方法,包括以下步骤:1、定位发射子系统对原始信号进行CDMA调制;2、定位混合可见光;3、对混合光信号进行解调以获得不同LED的ID位置信息和光强衰减因子;4、通过信道的增益表示LED的光照强度衰减因子;5、通过改进的GA来确定接收器的三维坐标。本发明还公开了一种实现基于遗传算法高精度可见光定位方法的定位系统,包括:依次连接的定位发射子系统、传输信道和定位接收子系统;定位发射子系统包括依次连接的OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯。具有方法简单高效和应用前景广阔等优点。



1. 一种基于遗传算法高精度可见光定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、定位发射子系统对发射端LED的原始信号进行CDMA调制;

步骤2、所述定位发射子系统发射携带ID码的混合可见光;

步骤3、定位接收子系统捕获混合光信号,对所述混合光信号进行解调以获得不同LED的ID位置信息和光强衰减因子;

步骤4、通过信道的增益表示LED的光照强度衰减因子;

步骤5、根据所述LED的光照强衰减因子,通过改进的GA来确定接收器的三维坐标;

所述步骤5中的改进的GA包括以下步骤:

步骤51、生成多个个体构成群体,对生成的所述个体进行个体的相似度检查,改善所述群体的多样性;所述个体包含代表3个不同坐标分量(x, y, z)的3个染色体,使用二进制编码生成所述个体;定义相似性常数 ξ 以测量两个个体的相似性:

$$\xi = \frac{l_{same}}{l}, \quad (3)$$

其中, l_{same} 是相同基因的数量, l 是染色体的长度;

设置阈值 ζ_0 以判断新生成的个体与存在于群体中的个体是否类似;如果所述 ξ 高于所述阈值 ζ_0 ,则应再次产生所述个体;在所述群体生成后,所述群体的个体被写为矩阵形式 $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$,其中 \vec{X} , \vec{Y} 和 \vec{Z} 是长度为1的列向量:

$$\begin{cases} \vec{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_l\} \\ \vec{Y} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_l\} \\ \vec{Z} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_l\} \end{cases}, \quad (4)$$

由于所述向量使用二进制编码,所述向量的元素只有两个值:1或0;

步骤52、构建适应度函数,用来测量个体是否接近理想位置;根据所述信道的增益表示:

$$H(0) = \frac{m_t+1}{2\pi d^2} AT_s(\phi)G(\phi) \cos^{m_t}(\theta) \cos^{m_r}(\phi), \quad (1)$$

其中, $H(0)$ 是所述可见光信号在空间传播的光照强度衰减因子; A 为光电检测器的有效面积; d 为LED和接收器之间的距离; θ 为LED光线相对于法线方向的发射角; ϕ 为光强相对于接收器法线方向的入射角; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数,

忽略背景光强度功率的影响,接收机接收到的第 n 个LED发射机信号的信号功率 $P_r^{(n)}$ 表示为:

$$P_r^{(n)} = H(0)P_t = \frac{m_t+1}{2\pi d^2} AT_s(\phi)G(\phi) \cos^{m_t}(\theta) \cos^{m_r}(\phi)P_t, \quad (5)$$

其中,LED光线相对于法线方向的发射角 $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{h}{d}\right)$, h 是发射器和接收器之间的垂直距离, n 表示第 n 个LED发射机, $0 \leq m$, m 表示系统的LED发射机个数;

一般 $m_t = m_r = 1$,假设 $C = \frac{m_t+1}{2\pi d^2} AT_s(\phi)G(\phi)$,所述 C 看作常数,则公式(5)简化为以下

形式:

$$P_r^{(n)} = \frac{c}{d^2} \cos(\theta) \cos(\phi) P_t, \quad (6)$$

假设接收机水平放置以简化分析,则所述 ϕ 和 θ 被认为是相等的;LED n 和接收机之间的距离 $d^{(n)}$ 表示为:

$$d^{(n)} = \sqrt[4]{Ch^2 \frac{P_t}{P_r^{(n)}} H^{(n)}(0)}, \quad (7)$$

所述个体的基因型为 $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$,定义房间模型的最大空间范围(L,W,H),L,W,H依次表示三维室内空间的长、宽、高,空间坐标 (x_0, y_0, z_0) 由下式表示:

$$\begin{cases} x_0 = \frac{L \sum_{i=1}^l X_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \\ y_0 = \frac{W \sum_{i=1}^l Y_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \\ z_0 = \frac{H \sum_{i=1}^l Z_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \end{cases}, \quad (8)$$

所述第 n 个LED发射机的空间坐标为 $(x_{L_n}, y_{L_n}, z_{L_n})$;个体和第 n 个发射机之间的空间距离表示为:

$$L^{(n)} = \sqrt{(x_0 - x_{L_n})^2 + (y_0 - y_{L_n})^2 + (z_0 - z_{L_n})^2}, \quad (9)$$

所述适应度函数用 $d^{(n)}$ 和 $L^{(n)}$ 所构成的空间距离偏差表示:

$$fitness(x_0, y_0, z_0, d^{(1)}, d^{(2)}, d^{(3)}, d^{(4)}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (L^{(i)} - d^{(i)})^2}, \quad (10)$$

个体离理想位置越近,所述适应度函数的值越接近零;

步骤53、引入轮盘赌选出优秀个体;由所述步骤52可知,具有较低适应度值的个体应该以较高的概率被选择,所述个体有 M 个,所有所述个体的适应度值用适应度矩阵 \vec{F} 表示,

$$\vec{F} = \{F_1, F_2, \dots, F_M\}, \quad (11)$$

定义 P_k 为第 k 个个体被选择的概率为,

$$P_k = 1 - \frac{F_k}{\sum_{i=1}^M F_i}, \quad (12)$$

其中, $0 \leq k \leq M$, P_k 最高的个体为最优秀个体,假设选择出第 K 个个体为所述优秀个体,得到最终的定位坐标 (x_K, y_K, z_K) ;

步骤54、先执行相似性检验再执行交叉操作;所述相似性检验具体操作如下:(1)随机选择两个个体,通过所述公式(3)计算所述两个个体的相似常数,(2)如果相似常数高于阈值,则该交叉操作无效,应再次执行;

步骤55、执行改进的突变操作,避免GA过早收敛;在来自两个个体的两个染色体片段上分别进行同或逻辑运算和异或逻辑运算, l_1 和 l_2 表分别表示两个染色体片段, \vec{l}_1 和 \vec{l}_2 表示所述突变操作后的所述两个染色体片段和表示为:

$$\hat{l}_1 = l_1 \oplus l_2, \quad (13)$$

$$\hat{l}_2 = l_1 \odot l_2, \quad (14)$$

所述突变操作后等位基因的逻辑关系是互补的,避免了群体缺失某个基因的现象;

步骤56、设置算法终止条件,提高最优解概率;将优化精度 σ 确定为GA中的终止条件,给出最大迭代次数 n_{\max} ,如果一代超过 n_{\max} ,则所述GA定位算法从头开始运行。

2. 根据权利要求1所述的基于遗传算法高精度可见光定位方法,其特征在于,所述步骤1中的CDMA调制包括以下步骤:

步骤11、所述每个LED获得与其地理位置相关的ID码,所述ID码为二进制序列;

步骤12、使用开关键控OOK调制生成基带信号;

步骤13、对所述基带信号进行扩频生成调制信号,采用M序列作为信道码,采用Walsh码作为地址码,将扰码加载到所述调制信号中生成混合光信号。

3. 根据权利要求1所述的基于遗传算法高精度可见光定位方法,其特征在于,所述步骤3中的对所述混合光信号进行解调的信号解调包括以下步骤:

步骤31、在所述定位接收子系统处,对所述混合光信号进行CDMA解调处理得到定位区域内各LED的解调信号;

步骤32、所述解调信号经OOK解调后,还原出ID位置信息流;

步骤33、所述ID位置信息流经采样,获得所述光照强度衰减因子。

4. 根据权利要求1所述的基于遗传算法高精度可见光定位方法,其特征在于,所述步骤4中的通过信道的增益表示LED的光照强度衰减因子包括以下步骤:

步骤41、所述可见光信号在空间传播的光照强度衰减因子通过信道的增益表示:

$$H(0) = \frac{m_t + 1}{2\pi d^2} A T_s(\phi) G(\phi) \cos^{m_t}(\theta) \cos^{m_r}(\phi), \quad (1)$$

其中, $H(0)$ 是所述可见光信号在空间传播的光照强度衰减因子; A 为光电检测器的有效面积; d 为LED和接收器之间的距离; θ 为LED光线相对于法线方向的发射角; ϕ 为光强相对于接收器法线方向的入射角; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数,

接收光功率 P_r 可表示为:

$$P_r = P_t H(0) + P_{\text{background}}, \quad (2)$$

其中, P_t 是平均传输光功率, $P_{\text{background}}$ 是由存在于背景环境中的其它光源引起的入射光功率。

5. 一种实现权利要求1所述的基于遗传算法高精度可见光定位方法的定位系统,包括:依次连接的定位发射子系统、传输信道和定位接收子系统;其特征在于,所述定位发射子系统包括依次连接的OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯;所述传输信道为三维室内自由空间;所述定位接收子系统包括依次连接的光电检测器件、放大电路、自适应滤波电路、CDMA解扩模块和OOK基带解调模块;加载到每个LED灯具上的所述ID位置信息通过所述OOK基带调制模块CDMA扩频模块进行基带调制和扩频后,通过所述LED驱动电路将电信号转变为可见光信号并发射出去;所述可见光信号通过室内三维自由空间传输至定位接收子系统;所述定位接收子系统,所述光电检测器件将可见光转换为电信号;所述电信号

通过放大电路、自适应滤波电路滤除噪声;所述滤除噪声的信号经所述CDMA解扩模块和所述OOK基带解调模块后得到每个LED的ID位置信息,所述ID位置信息经采样获得光照强度衰减因子;根据所述光照强度衰减因子,通过改进的遗传算法GA获得精确的三维位置坐标。

一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其定位系统

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信室内定位技术,特别涉及一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其定位系统。

背景技术

[0002] GPS(全球定位系统)在车辆导航、地图服务、船舶和飞机等定位领域的应用越来越广泛。但是当涉及到室内环境的情况时,来自卫星的无线电信号将被高建筑物阻挡,导致较大的定位误差。为了满足室内定位服务的日益增长的需求,已经开发了蓝牙,Wi-Fi,射频识别(RFID)和基于相机的定位系统来补充GPS。但是这些室内定位解决方案存在操作复杂且成本高、定位精度较低、机密性较差等缺点。

[0003] 基于可见光通信(VLC)的定位系统是室内定位新的解决方案。VLC具有定位高,无电磁干扰,额外模块少,通信保密性好,实现照明和通信一体化的优点。其中,基于PD的定位系统更为简单、可靠、低成本,在室内定位领域应用更广泛。

[0004] 在基于PD的VLC系统中,接收器通过检测到达时间(TOA)、到达时间差(TDOA)、到达角(AOA)或接收信号强度(RSS)等技术来估计接收器与信号源的距离。其中,TOA和TDOA需要在发射机中同步处理,增加了系统复杂性。AOA在实际中不仅难以实现发射器的布局,而且受到PD接收范围的限制,导致定位精度较低。而RSS测距不需要同步处理,可降低发射机电路复杂性,确保定位精度。

[0005] 但是RSS测距只能解决二维定位,需要再通过迭代或遍历算法等以实现三维位置的定位,并且其定位误差较大且难以控制。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术的上述缺点与不足,本发明的目的在于提出了一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其系统。发射端对每个LED所发射的ID位置信息进行CDMA编码,利用扩频码的正交性,实现时域与频域均重叠的信号的分离。接收端先通过携带信号源标识(ID)码的混合光信号解调出每个信号源的地理位置信息,然后通过自适应滤波电路得到每个信号源的信号强度衰减因子,再通过使用改进的遗传算法(GA)进行全局搜索可知实现精确的三维定位。GA假设三维坐标是个体,每个坐标分量是个体的染色体,根据适应度的值,最优个体可以被认为是定位的解决方案。改进的GA有三大创新点,分别是在生成个体和交叉时引入相似度检验以保障个体的多样性,根据空间距离偏差位置设计适应度函数,引入新的变异算子以避免群体中出现缺失某个基因的现象。这三个创新点有助于精确地确定接收器在三维空间中的坐标,并使定位误差可控。方法简单高效,具有广阔的应用前景。

[0007] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0008] 一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其系统,包括:定位发射子系统、传输信道和定位接收子系统。OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯依次连接组成所述定位发射子系统;所述传输信道为三维室内自由空间;光电检测器件、放大电路、

自适应滤波电路、CDMA解扩模块和OOK基带解调模块依次连接组成所述定位接收子系统。

[0009] 所述定位发射子系统,加载到每个LED灯具上的ID位置信息通过所述OOK基带调制模块CDMA扩频模块进行基带调制和扩频后,通过所述LED驱动电路将电信号转变为可见光信号并发射出去。

[0010] 所述可见光信号通过室内三维自由空间传输至定位接收子系统。

[0011] 所述定位接收子系统,所述光电检测器件将可见光转换为电信号;所述电信号通过放大电路、自适应滤波电路滤除噪声;所述滤除噪声的信号经所述CDMA解扩模块和所述OOK基带解调模块后得到每个LED的ID位置信息,所述ID位置信息经采样获得光照强度衰减因子;根据所述光照强度衰减因子,通过改进的遗传算法(GA)获得精确的三维位置坐标。

[0012] 一般三维可见光定位需要在二维的基础上再进行角度或高度检测才能实现三维定位,也有利用迭代算法等实现三维定位,但是定位误差难以控制,精度也较低。本发明先从携带信号源标识(ID)码的混合光信号解调出每个信号源的地理位置信息,然后通过自适应滤波电路得到每个信号源的信号强度衰减因子,再通过使用改进的遗传算法(GA)进行全局搜索可知三维坐标。GA假设三维坐标是个体,每个坐标分量是个体的染色体,根据适应度的值,最优个体可以被认为是定位的解决方案。改进的GA有三大创新点,分别是在生成个体和交叉时引入相似度检验以保障个体的多样性,根据空间距离偏差位置设计适应度函数,引入新的变异算子以避免群体中出现缺失某个基因的现象。这三个创新点有助于精确地确定接收器在三维空间中的坐标,并使定位误差可控。方法简单高效,具有广阔的应用前景。

[0013] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0014] 1、创新性地 将遗传算法应用于可见光室内三维定位,比起传统的三维可见光定位系统,本文所提出的系统在三维定位时不需再进行角度或高度检测,也不需繁杂地迭代。

[0015] 2、创新性地改进遗传算法,在生成个体和交叉时引入相似度检验以保障个体的多样性,根据空间距离偏差位置设计适应度函数,引入新的变异算子以避免出现基因缺失的现象。这三个创新点有助于精确地确定接收器在三维空间中的坐标,并使定位误差可控。

[0016] 3、通过创新性设计一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其系统,方法简单高效,具有广阔的应用前景。

附图说明

[0017] 图1为一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其系统的系统模型。

[0018] 图2为本发明的系统原理框图。

[0019] 图3为本发明的改进的GA流程图。

具体实施方式

[0020] 下面结合实施例及附图,对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0021] 实施例1

[0022] 如图1所示,一种基于遗传算法高精度可见光定位方法及其系统的系统模型。根据室内的环境的需求布置 m 个LED灯具,其中, m 为正整数,且 $m \geq 4$ 。本系统模型以每4个LED灯具作为一个定位的位置单元。定位终端为定位接收子系统的光电检测器件。

[0023] 如图2所示,本发明的系统原理框图。加载到每个LED灯具上的ID位置信息通过所述00K基带调制模块生成基带信号,所述基带信号通过与接收端特定的PN码相乘进行CDMA调制实现扩频,生成调制信号,所述调制信号通过所述LED驱动电路将电信号转变为可见光信号并发射出去。

[0024] 进一步地,所述可见光信号通过三维自由空间传输至定位接收子系统的光电检测器件。

[0025] 进一步地,所述光电检测器件将可见光信号转换为电信号;所述电信号通过放大电路、自适应滤波电路滤除噪声;所述滤除噪声的信号经所述CDMA解扩模块和所述00K基带解调模块后得到每个LED的ID位置信息;所述ID位置信息经采样获得光照强度衰减因子;根据所述光照强度衰减因子,通过改进的GA获得精确的三维位置坐标。

[0026] 如图3所示,改进的GA流程图。所述的改进的GA依次进行生成个体构成种群,个体相似度检验,构建适应度函数,引入轮盘赌选出优秀个体,先执行相似性检验再执行交叉操作,执行改进的突变操作,设置算法终止条件。

[0027] 进一步地,所述可见光信号在空间传播的光照强度衰减因子可以通过信道的增益表示:

$$[0028] \quad H(0) = \frac{m_t + 1}{2\pi d^2} A T_s(\phi) G(\phi) \cos^{m_t}(\theta) \cos^{m_r}(\phi), \quad (1)$$

[0029] 其中, $H(0)$ 是所述可见光信号在空间传播的光照强度衰减因子; A 为光电检测器的有效面积; d 为LED和接收器之间的距离; θ 为LED光线相对于法线方向的发射角; ϕ 为光强相对于接收器法线方向的入射角; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数。

[0030] 将所述接收光功率 P_r 表示为

$$[0031] \quad P_r = P_t H(0) + P_{\text{background}}, \quad (2)$$

[0032] 其中, P_t 是平均传输光功率, $P_{\text{background}}$ 是由存在于背景环境中的其它光源引起的入射光功率。

[0033] 进一步地,所述生成个体构成种群,对生成个体进行所述个体相似度检验是为了改善所述种群的多样性。所述个体包含代表3个不同坐标分量(x, y, z)的3个染色体,使用二进制编码生成所述个体。定义相似性常数 ξ 以测量两个个体的相似性:

$$[0034] \quad \xi = \frac{l_{\text{same}}}{l}, \quad (3)$$

[0035] 式中, l_{same} 是相同基因的数量, l 是染色体的长度。

[0036] 设置阈值 ζ_0 以判断新生成的个体与存在于群体中的个体是否类似。如果所述 ξ 高于所述阈值 ζ_0 ,则应再次产生所述个体。在所述群体生成后,所述群体的个体可以被写为矩阵形式 $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$,其中 \vec{X} , \vec{Y} 和 \vec{Z} 是长度为1的列向量:

$$[0037] \quad \begin{cases} \vec{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_l\} \\ \vec{Y} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_l\} \\ \vec{Z} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_l\} \end{cases}, \quad (4)$$

[0038] 由于所述向量使用二进制编码,所述向量的元素只有两个值:1或0。

[0039] 进一步地,所述适应度函数是用来测量个体是否接近理想位置。根据所述公式(7),忽略背景光强度功率的影响,接收机接收到的第n个LED发射机信号的信号功率 $P_r^{(n)}$ 可表示为:

$$[0040] \quad P_r^{(n)} = H(0)P_t = \frac{m_t+1}{2\pi d^2} AT_s(\phi)G(\phi)\cos^{m_t}(\theta)\cos^{m_r}(\phi)P_t, \quad (5)$$

[0041] 其中,LED光线相对于法线方向的发射角 $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{h}{d}\right)$,h是发射器和接收器之间的垂直距离,n表示第n个LED发射机, $0 \leq n \leq m$,m表示系统的LED发射机个数。

[0042] 一般 $m_t = m_r = 1$,假设 $C = \frac{m_t+1}{2\pi d^2} AT_s(\phi)G(\phi)$,所述C可看作常数,则公式可以简化为以下形式:

$$[0043] \quad P_r^{(n)} = \frac{C}{d^2} \cos(\theta)\cos(\phi)P_t, \quad (6)$$

[0044] 假设接收机水平放置以简化分析,则所述 ϕ 和 θ 可被认为是相等的。LED n和接收机之间的距离 $d^{(n)}$ 可以表示为:

$$[0045] \quad d^{(n)} = \sqrt[4]{Ch^2 \frac{P_t}{P_r^{(n)}} H^{(n)}(0)}, \quad (7)$$

[0046] 所述个体的基因型为 $(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$,定义房间模型的最大空间范围(L,W,H),L,W,H依次表示三维室内空间的长、宽、高,空间坐标 (x_0, y_0, z_0) 可由下式表示:

$$[0047] \quad \begin{cases} x_0 = \frac{L \sum_{i=1}^l X_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \\ y_0 = \frac{W \sum_{i=1}^l Y_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \\ z_0 = \frac{H \sum_{i=1}^l Z_i 2^{i-1}}{2^l - 1} \end{cases}, \quad (8)$$

[0048] 所述第n个LED发射机的空间坐标为 $(x_{L_n}, y_{L_n}, z_{L_n})$ 。个体和第n个发射机之间的空间距离可表示为:

$$[0049] \quad L^{(n)} = \sqrt{(x_0 - x_{L_n})^2 + (y_0 - y_{L_n})^2 + (z_0 - z_{L_n})^2}, \quad (0 \leq n \leq m), \quad (9)$$

[0050] 所述适应度函数用 $d^{(n)}$ 和 $L^{(n)}$ 所构成的空间距离偏差表示:

$$[0051] \quad fitness(x_0, y_0, z_0, d^{(1)}, d^{(2)}, d^{(3)}, d^{(4)}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (L^{(i)} - d^{(i)})^2}, \quad (10)$$

[0052] 个体离理想位置越近,所述适应度函数的值越接近零。

[0053] 进一步地,所述引入轮盘赌选出优秀个体具有较低适应度值的个体应该以较高的概率被选择,所述个体有M个,所有所述个体的适应度值用适应度矩阵 \vec{F} 表示,

$$[0054] \quad \vec{F} = \{F_1, F_2, \dots, F_M\}, \quad (11)$$

[0055] 第k个个体被选择的概率为,

$$[0056] \quad P_k = 1 - \frac{F_k}{\sum_{i=1}^M F_i}, \quad (12)$$

[0057] 其中, $0 \leq k \leq M$ 。 P_k 最高的个体为最优秀个体, 假设选择出第 K 个个体为所述优秀个体, 可得到最终的定位坐标 (x_k, y_k, z_k) 。

[0058] 进一步地, 所述先执行相似性检验再执行交叉操作。所述相似性检验具体操作如下: (1) 随机选择两个个体, 通过所述公式 (3) 计算所述两个个体的相似常数, (2) 如果相似常数高于阈值, 则该交叉操作无效, 应再次执行。

[0059] 进一步地, 所述执行改进的突变操作是为了避免 GA 过早收敛。在来自两个个体的两个染色体片段上分别进行同或逻辑运算和异或逻辑运算, l_1 和 l_2 分别表示两个染色体片段, l'_1 和 l'_2 表示所述突变操作后的所述两个染色体片段:

$$l'_1 = l_1 \oplus l_2, \quad (13)$$

[0060]

$$l'_2 = l_1 \odot l_2, \quad (14)$$

[0061] 所述突变操作后等位基因的逻辑关系应该是互补的, 避免了群体缺失某个基因的现象。

[0062] 进一步地, 所述设置算法终止条件是为了提高最优解概率。将优化精度 σ 确定为 GA 中的终止条件, 给出最大迭代次数 n_{\max} , 如果一代超过 n_{\max} , 则所述 GA 定位算法从头开始运行。

[0063] 上述实施例为本发明较佳的实施方式, 但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制, 其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化, 均应为等效的置换方式, 都包含在本发明的保护范围之内。

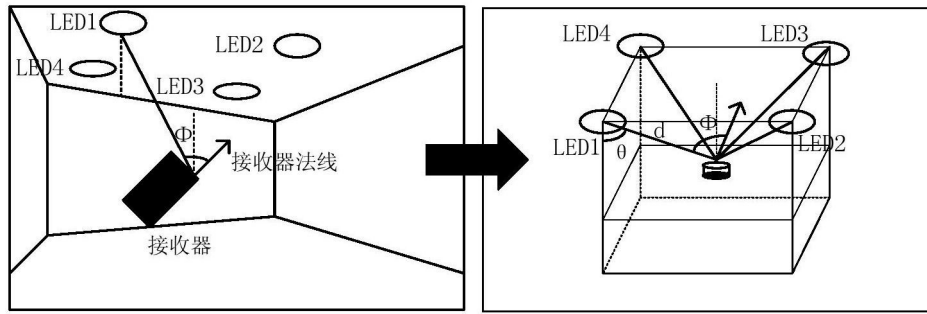


图1

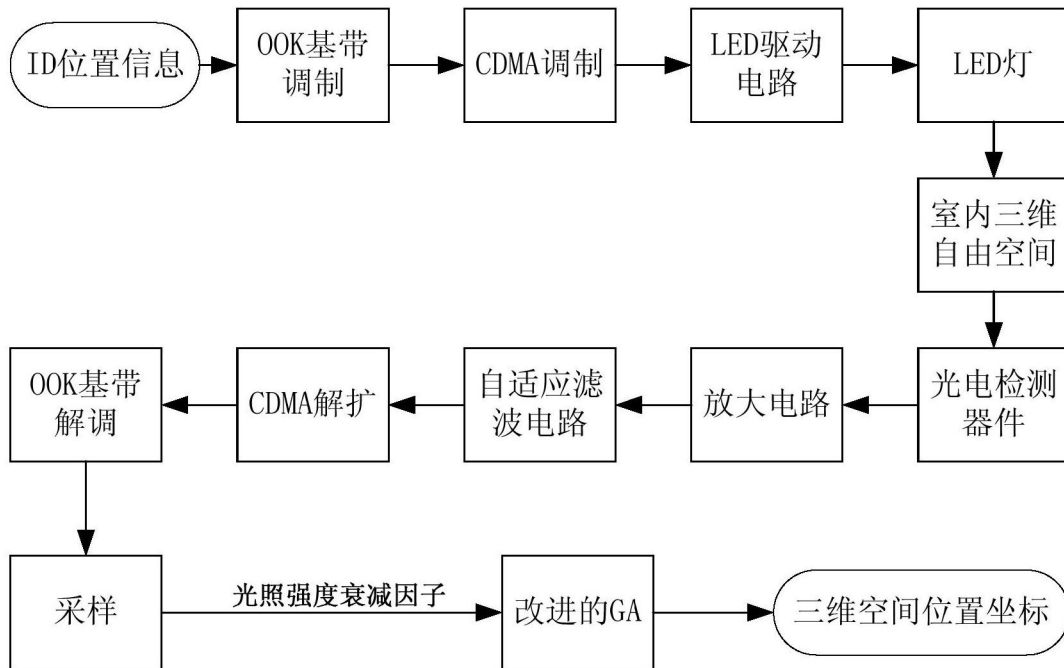


图2

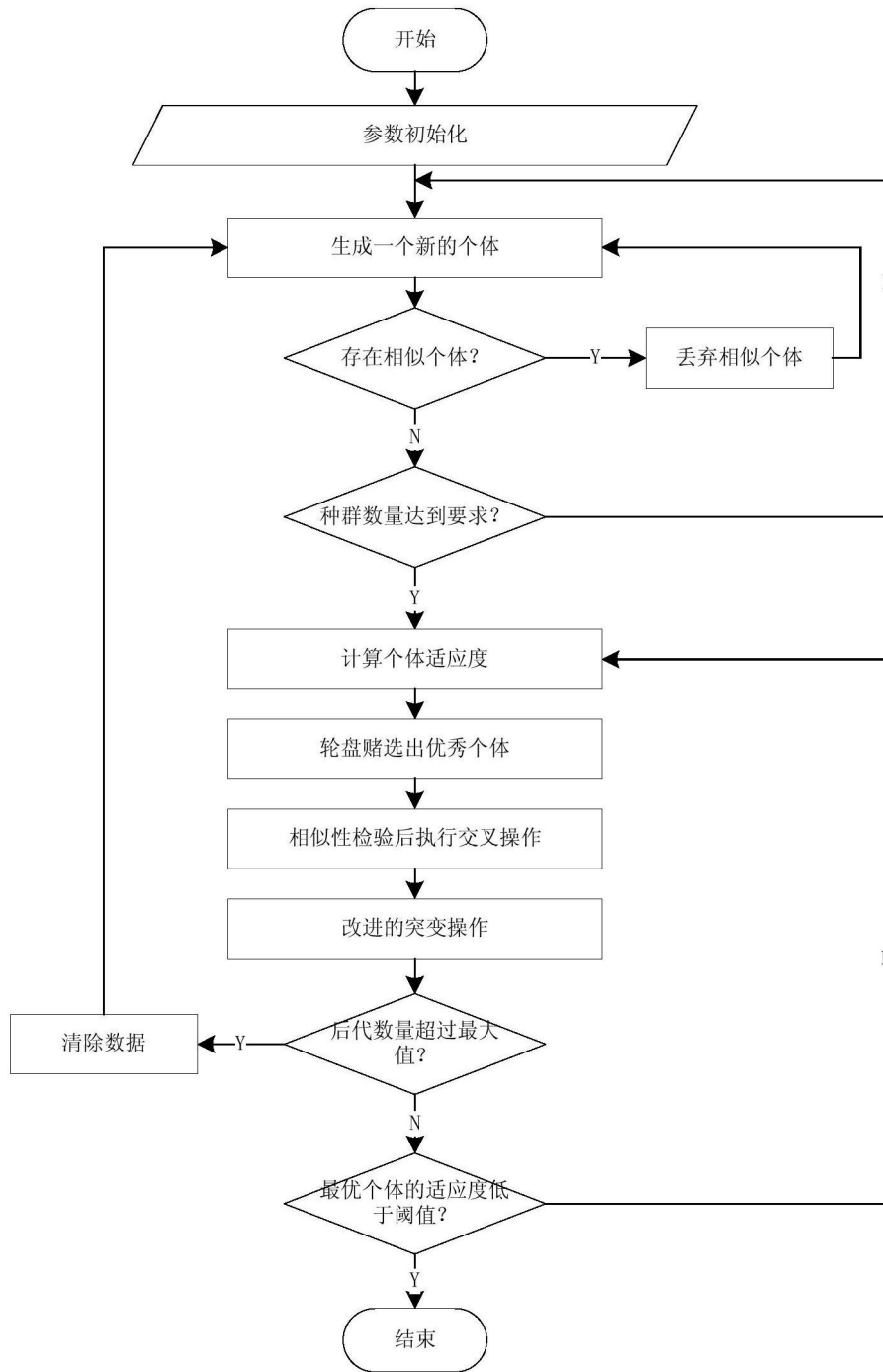


图3