



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106130602 B

(45)授权公告日 2019.10.18

(21)申请号 201610698466.2

H04B 10/116(2013.01)

(22)申请日 2016.08.20

G01S 5/16(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106130602 A

(56)对比文件

CN 105871462 A, 2016.08.17, 说明书第2, 5-16, 33-37, 46-56段, 图2-4.

(43)申请公布日 2016.11.16

CN 105871461 A, 2016.08.17, 说明书第38-40段.

(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

CN 1338840 A, 2002.03.06, 全文.

CN 102111185 A, 2011.06.29, 全文.

(72)发明人 文尚胜 王晓杰 关伟鹏 张钊泽
陈昊

CN 105487050 A, 2016.04.13, 全文.

CN 105871462 A, 2016.08.17, 说明书第2, 5-16, 33-37, 46-56段, 图2-4.

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

审查员 张婧

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

H04B 1/707(2011.01)

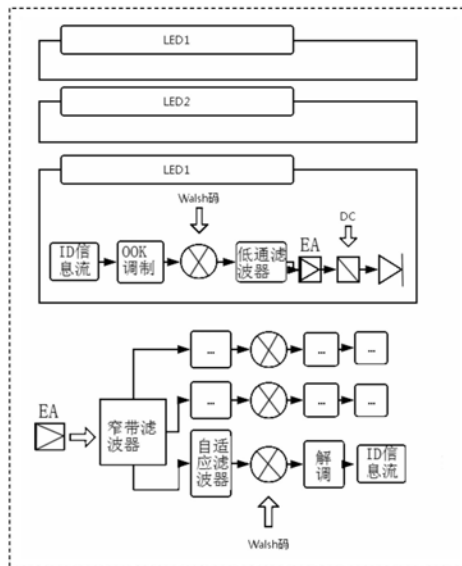
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法。本发明在室内可见光定位系统中由于存在多个LED,各LED之间由于会产生码间干扰而严重影响定位的精确度。直接序列码分多址调制通过利用扩频码的正交性,实现在时域和频域均重叠的信号分离,进而实现了码分复用,解决了VLC定位系统中由于存在多个参考点而导致码间干扰的问题。比起传统的可见光通信定位技术不仅大大提高了定位的精度,而且系统简单且不需要同步发射,大大提高了系统的性能。具有广阔的应用前景。



1. 一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、加载到每个LED上的定位信息,经过OOK基带调制后形成带宽为 B_1 的基带调制信号;

步骤2、所述的基带调制信号经PN码产生器产生的PN码进行直接相乘的扩频操作后,形成带宽为 B_2 的扩频信号,其中 B_2 远大于 B_1 ;采用 m 序列作为信道的编码,Walsh序列作为地址编码;一个长度为 2^n 、具有 2^n 个元素的Walsh码可以通过哈达玛矩阵(Hadamard matrix)产生,如式所示:

$$H_{2^n} = \begin{pmatrix} H_n & H_n \\ H_n & H_n \end{pmatrix}$$

其中,下标 n 为哈达玛矩阵的阶数;二阶的哈达玛矩阵为:

$$H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ 或 } H_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

高阶的哈达玛矩阵可通过递推关系得出,其中哈达玛矩阵的每一列代表着一个Walsh序列,即生成一组具有良好相关性的二进制序列 $\overline{C}_i = \{C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,M}\}$, $i=1, 2, \dots, M$,满足:

$$\langle \overline{C}_i \cdot \overline{C}_j \rangle = \sum_{k=1}^M C_{i,k}^* C_{j,k} = \begin{cases} M, & i=j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

$\langle \cdot \rangle$ 是内积运算, $(\cdot)^*$ 是共轭运算, M 是正交码 \overline{C}_i 的长度;正交码的数目为 M ,系统所能容纳的最多的不同的ID位置信息数目也为 M ;不同LED灯具的ID位置信息流经过OOK基带调制后变成带宽为 B_1 的信号 S_i ,然后不同的ID位置信息再由正交码 $\overline{C}_i = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_M\}$ 分别扩频调制成带宽为 B_2 的宽带信号,其中 $B_2 > B_1$,经驱动电路驱动LED发出可见光信号,在接收端第 k 个定位用户的第 n' 个ID位置信息符号的混合光信号如下式(1):

$$R_{n',k} = P_r \cdot (S_{1,n'} C_{1,k} + S_{2,n'} C_{2,k} + \dots + S_{m,n'} C_{m,k}) = P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n'} C_{i,k} \quad (1)$$

其中, P_r 为接收端信号强度, $S_{i,n'}$ 为第 i 盏LED灯具发出的第 n' 个ID信息符号, $C_{i,k}$ 为第 i 盏灯发出使用的第 k 个Walsh序列,而 m 为系统实际的LED灯具的数目,并且满足 $1 \leq m \leq M$;由式(1)可得:第 n' 个ID信息符号经过第 j 个自适应滤波器后的输出为:

$$Y_{j,n'} = \overline{R_{n',k}} \cdot \overline{C_j} = \sum_{k=1}^M (C_{j,k} \cdot P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n'} C_{i,k}) = P_r \cdot S_{i,n'}$$

其中 $j=1, 2, \dots, m$;

所获得的 $Y_{j,n'}$ 再通过对ID信息符号进行积分:

$$Y_j = \sum_{n'=1}^N Y_{j,n'}$$

其中, N 为ID位置信息的码长;再经过抽样判决后,即可得到每个LED灯具所发射的ID信息并确定定位的位置区域以及获得衰减因子 $H(0)$,再通过RSS三角定位算法可以获得定位区域内精确的位置信息;由香浓公式 $C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$ 可得:在扩频系统中由于信号带宽

增大了,可以在信道信噪比较低的情况下实现通信,这样对于噪声的抗干扰能力可大大增强;与此同时,通过接收端的解扩操作,使干扰噪声扩展到较宽的频带内,而有用信号恢复成窄带信号,通过窄带滤波器选取出有用的信号;

步骤3、所述扩频信号经过LED驱动电路后形成可见光信号;

步骤4、所述光信号由光电检测器件转化为电信号经过放大电路以及自适应滤波器处理后形成解扩前的信号;

步骤5、接收端产生与发送端相位一致的PN码与所述解扩前的信号进行解扩处理,实现出ID信息的解扩还原;包括以下步骤:

步骤5.1、通过内置的同步电路来捕捉LED灯具所发射的PN码的准确相位;

步骤5.2、由所获得的PN码相位经PN码产生器产生同样的PN码和解扩前信号相乘形成初解扩信号;

步骤5.3、令所述初解扩信号在一个ID信息码长上对ID信息符号进行积分;

步骤5.4、积分后的信号经过抽样判决后获得相应LED所发射的ID信息。

2. 根据权利要求1所述的一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法,其特征在于,所述步骤1中的OOK基带调制是载波的振幅随着数字基带信号而变化的数字调制。

一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信定位技术,特别涉及一种CDMA编码方式。

背景技术

[0002] 可见光通信技术(Visible Light Communication,VLC)是指利用可见光波段的光作为信息载体,无需光纤等有线信道的传输介质,在空气中直接传输光信号的通信方式。可见光通信技术应用于室内定位技术中与传统的室内定位技术相比具有许多优点,如定位精度高、无电磁干扰、附加模块少、保密性好、兼顾通信与照明等,在国际上引起了许多专家学者的关注。

[0003] 可见光室内定位系统中至少需要知道三个参考节点的位置,而不同参考点信源所发出的ID定位信息在时域和频域上一般是重叠的,且会由于多径效应的存在而产生码间干扰,进而大大限制了定位的精度。

[0004] 在CDMA扩频调制技术中不同用户传输信息所用的信号不是依据频率不同或时隙不同来区分,而是用各自不同的编码序列来区分。如果从频域或时域来观察,多个CDMA信号是互相重叠的,接收机用相关器可以在多个CDMA信号中检出其中使用预定码型的信号,其它使用不同码型的信号因为和接收机本地产生的码型不同而不能被解调,从而解决可见光室内定位中的码间干扰问题。

发明内容

[0005] 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一种CDMA编码方式,解决码间干扰问题的同时,大大简化了系统控制的复杂程度,同时提升了定位的精度。

[0006] 本发明的目的通过以下技术方案实现。

[0007] 一种基于可见光室内定位的CDMA编码方法,其包括以下步骤:

[0008] 步骤1、加载到每个LED上的定位信息,经过OOK基带调制后形成带宽为 B_1 的基带调制信号;

[0009] 步骤2、所述的基带调制信号经PN码产生器产生的PN码进行直接相乘的扩频操作后,形成带宽为 B_2 的扩频信号,其中 B_2 远大于 B_1 ;

[0010] 步骤3、所述扩频信号经过LED驱动电路后形成可见光信号;

[0011] 步骤4、所述光信号由光电检测器件转化为电信号经过放大电路以及自适应滤波器处理后形成解扩前的信号;

[0012] 步骤5、接收端产生与发送端相位一致的PN码与所述解扩前的信号进行解扩处理,实现出ID信息的解扩还原。

[0013] 进一步地,所述步骤1中的OOK基带调制是载波的振幅随着数字基带信号(数字基带信号为二进制)而变化的数字调制。

[0014] 进一步地,所述步骤2中的PN码产生器:采用 m 序列作为信道编码,Walsh序列作为地址编码,其中一组具有相关性的二进制Walsh序列能通过哈达玛矩阵产生。

[0015] 进一步地,所述步骤5包括以下步骤:

[0016] 步骤5.1、通过内置的同步电路来捕捉LED灯具所发射的PN码的准确相位;

[0017] 步骤5.2、由所获得的PN码相位经PN码产生器产生同样的PN码和解扩前信号相乘形成初解扩信号;

[0018] 步骤5.3、令所述初解扩信号在一个ID信息码长上对ID信息符号进行积分;

[0019] 步骤5.4、积分后的信号经过抽样判决后获得相应LED所发射的ID信息。

[0020] 本发明主要包括信道化编码,基站码和用户码,加载到LED上的ID信息流经过OOK基带调制后通过和用户特定的PN码相乘进行扩频,在接收端通过自适应滤波器后,与同样的PN码相乘实现解扩,然后把所获得的输出对ID信息符号进行积分,再经过抽样判决后,即可获得每个LED灯具所发射的ID信息。

[0021] 所述PN码采用m序列作为信道的编码,Walsh序列作为地址编码。所述Walsh码可以通过哈达玛矩阵产生,生成一组具有良好相关性的二进制序列。

[0022] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0023] (1) 本发明通过利用CDMA调制中扩频码的正交性,在克服了码间干扰的同时,增加了信道的容量,提升了通信质量。

[0024] (2) 本发明使得发射端发射的信息不需要进行同步发射的处理,大大简化了系统控制的复杂程度,提升了定位的精度。

附图说明

[0025] 图1为本发明基于CDMA调制的VLC定位系统框图。

[0026] 图2为本发明直接序列扩频系统频谱示意图。

[0027] 图3为本发明直接序列扩频系统的原理框图。

具体实施方式

[0028] 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。

[0029] 如图1所示一种可见光室内定位系统,包括LED发射子系统、信道传输子系统和信号接收子系统。其中所述LED发射子系统具有:依次连接的OOK基带调制模块、CDMA扩频调制模块、LED驱动电路和LED灯具;所述信道传输子系统为室内光信号传输自由空间;所述信号接收子系统具有:依次连接的光电检测器件、信号放大电路、自适应滤波电路和CDMA解扩模块。原始的ID信息经过OOK基带调制模块后,形成基带调制信号;所述基带调制信号经过CDMA扩频模块后形成扩频信号;所述扩频信号经过LED驱动电路驱动LED灯具发射可见光信号;所述可见光信号经过自由空间到达光电检测器件;所述光电检测器件将可见光信号转换为电信号;所述电信号再依次经过信号放大电路、自适应滤波电路和CDMA解扩模块最终获得ID信号以及空间传播时信号的衰减因子;根据所述ID信号及衰减因子带入计算公式即可获得精确的位置信息。

[0030] 本实例的基于可见光室内定位的CDMA编码方法,其包括以下步骤:

[0031] 步骤1、加载到每个LED上的定位信息,经过OOK基带调制后形成带宽为 B_1 的基带调制信号;

[0032] 步骤2、所述的基带调制信号经PN码产生器产生的PN码进行直接相乘的扩频操作后,形成带宽为 B_2 的扩频信号,其中 B_2 远大于 B_1 ;

[0033] 步骤3、所述扩频信号经过LED驱动电路后形成可见光信号;

[0034] 步骤4、所述光信号由光电检测器件转化为电信号经过放大电路以及自适应滤波器处理后形成解扩前的信号;

[0035] 步骤5、接收端产生与发送端相位一致的PN码与所述解扩前的信号进行解扩处理,实现出ID信息的解扩还原。

[0036] 所述步骤1中的OOK基带调制是载波的振幅随着数字基带信号(数字基带信号为二进制)而变化的数字调制。所述步骤2中的PN码产生器:采用m序列作为信道编码,Walsh序列作为地址编码,其中一组具有相关性的二进制Walsh序列能通过哈达玛矩阵产生。所述步骤5包括以下步骤:

[0037] 步骤5.1、通过内置的同步电路来捕捉LED灯具所发射的PN码的准确相位;

[0038] 步骤5.2、由所获得的PN码相位经PN码产生器产生同样的PN码和解扩前信号相乘形成初解扩信号;

[0039] 步骤5.3、令所述初解扩信号在一个ID信息码长上对ID信息符号进行积分;

[0040] 步骤5.4、积分后的信号经过抽样判决后获得相应LED所发射的ID信息。

[0041] 如图3所示,加载到每个LED上的ID定位信息通过与用户特定的PN码(Pseudo Noise Code)相乘进行扩频操作;扩频操作位于OOK基带调制之后和可见光信号形成之前。扩频调制主要分为扩频和加扰两步,首先采用扩频码对数据进行扩频,再将扰码加载到扩频后的信号中。本实例采用m序列作为信道的编码,Walsh序列作为地址编码。一个长度为 2^n 、具有 2^n 个元素的Walsh码可以通过哈达玛矩阵(Hadamard matrix)产生,如式所示:

$$[0042] \quad H_{2n} = \begin{pmatrix} H_n & H_n \\ H_n & H_n \end{pmatrix}$$

[0043] 其中,下标n为哈达玛矩阵的阶数。二阶的哈达玛矩阵为:

$$[0044] \quad H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad H_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

[0045] 高阶的哈达玛矩阵可通过递推关系得出,其中哈达玛矩阵的每一列代表着一个Walsh序列,即生成一组具有良好相关性的二进制序列 \vec{C}_i

$= \{C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,M}\}$, $i=1, 2, \dots, M$,满足:

$$[0046] \quad \langle \vec{C}_i \cdot \vec{C}_j \rangle = \sum_{k=1}^M C_{i,k}^* C_{j,k} = \begin{cases} M, i=j \\ 0, i \neq j \end{cases}$$

[0047] $\langle \cdot \rangle$ 是内积运算, $(\cdot)^*$ 是共轭运算, M 是正交码 \vec{C}_i 的长度。一般来说,正交码的数目为 M ,系统所能容纳的最多的不同的ID位置信息(即不同LED灯)数目也为 M 。不同LED灯具的ID位置信息流经过OOK基带调制后变成带宽为 B_1 的信号 S_i ,然后不同的ID位置信息再由正交码 $\vec{C}_i = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_M\}$ 分别扩频调制成带宽为 B_2 的宽带信号($B_2 > B_1$),经驱动电路驱动LED发出可见光信号,在接收端第k个定位用户的第n个ID位置信息符号的混合光信号

如下式：

$$[0048] \quad R_{n,k} = P_r \cdot (S_{1,n}C_{1,k} + S_{2,n}C_{2,k} + \dots + S_{m,n}C_{m,k}) = P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n}C_{i,k}$$

[0049] 其中, P_r 为接收端信号强度, $S_{i,n}$ 为第*i*盏LED灯具发出的第*n*个ID信息符号, $C_{i,k}$ 为第*i*盏灯发出使用的第*k*个Walsh序列, 而*m*为系统实际的LED灯具的数目, 并且满足 $1 \leq m \leq M$ 。由式(1)可得: 第*n*个ID信息符号经过第*j* ($j=1, 2, \dots, m$) 个自适应滤波器后的输出为:

$$[0050] \quad Y_{j,n} = \langle \overline{R_{n,k}} \cdot \overline{C_j} \rangle = \sum_{k=1}^M (C_{j,k} \cdot P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n}C_{i,k}) = P_r \cdot S_{i,n} \circ$$

[0051] 所获得的 $Y_{j,n}$ 再通过ID信息符号进行积分:

$$[0052] \quad Y_j = \sum_{n=1}^N Y_{j,n}$$

[0053] 其中, *N*为ID位置信息的码长; 再经过抽样判决后, 即可得到每个LED灯具所发射的ID信息并确定定位的位置区域以及获得衰减因子 $H(0)$, 再通过RSS三角定位算法可以获得定位区域内精确的位置信息。

[0054] 进一步地, 由香浓公式 $C=B \cdot \log_2(1+S/N)$ 可得: 在扩频系统中由于信号带宽增大了, 可以在信道信噪比较低的情况下实现通信, 这样对于噪声的抗干扰能力可大大增强; 与此同时, 通过接收端的解扩操作(如图2所示), 可以使干扰噪声扩展到较宽的频带内, 而有用信号恢复成窄带信号, 通过窄带滤波器选取出有用的信号。从而解决了VLC定位系统中背景噪声的干扰而影响定位质量的问题。

[0055] 上述实施例仅为本发明的一种实施方式, 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。

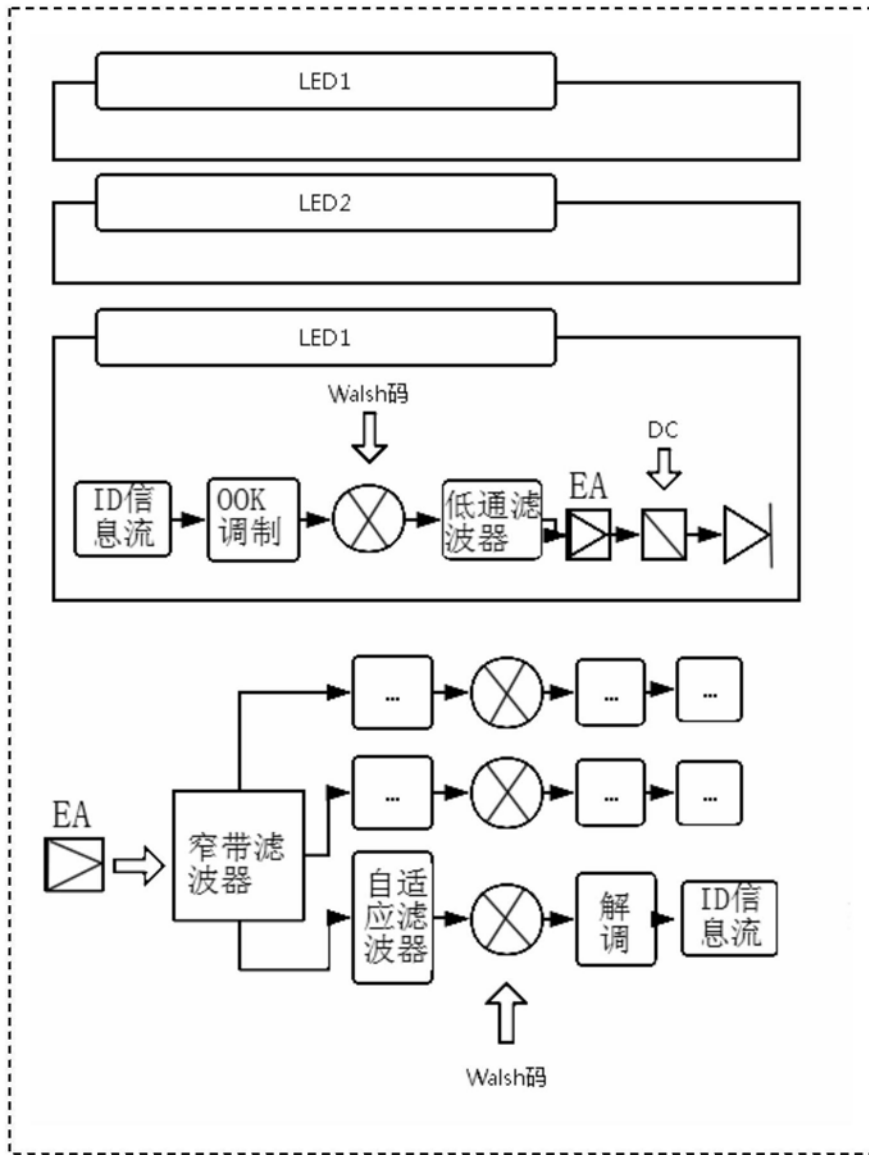


图1

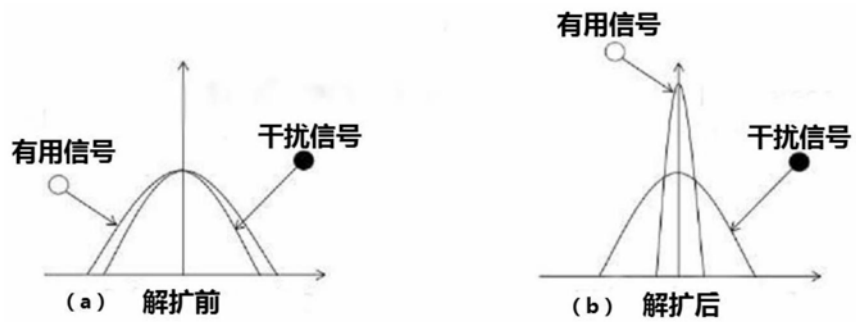


图2

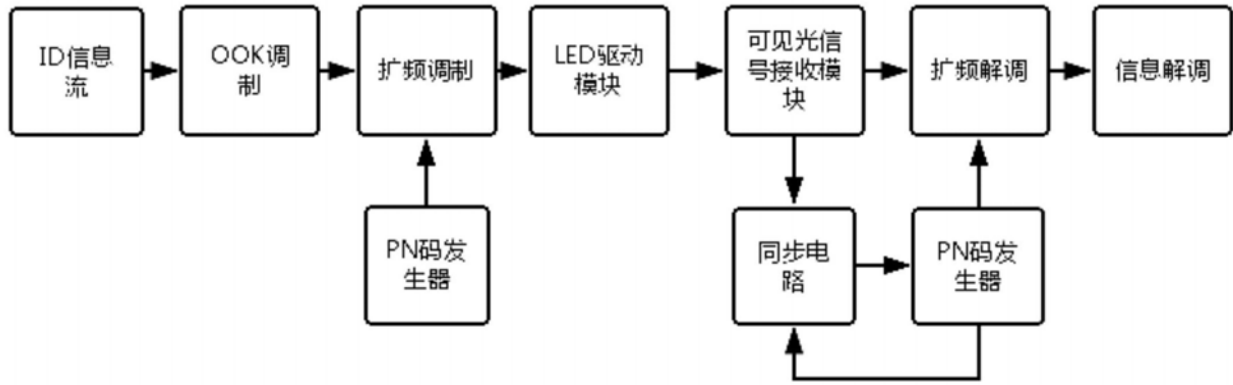


图3