



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115065408 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 16

(21) 申请号 202210469380.8

(22) 申请日 2022.04.28

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 薛广涛 吴浩南 陈奕超

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限

公司 31225

专利代理师 蔡彭君

(51) Int. Cl.

H04B 10/116 (2013.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04N 7/22 (2006.01)

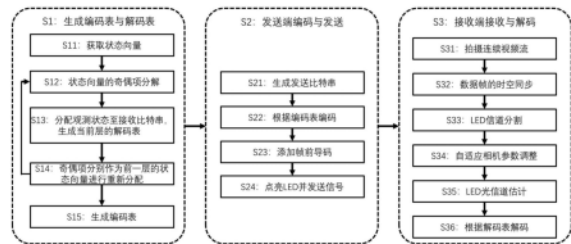
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于光学相机的多优先级分层编码方法、装置及存储介质

(57) 摘要

本发明涉及一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,包括以下步骤:步骤S11:获取状态向量,步骤S12:奇偶项分解,步骤S13:分配接收比特串,步骤S14:在前一层重新分配,重复执行步骤S12至步骤S14,直至解码表生成完成,步骤S15:根据解码表得到编码表;步骤S21:生成发送比特串,步骤S22:根据编码表编码,步骤S23:添加帧前导码,步骤S24:点亮LED并发送信号;步骤S31:拍摄连续视频流,步骤S32:数据帧的时空同步,步骤S33:LED信道分割,步骤S34:自适应相机参数调整,步骤S35:LED光信道估计,步骤S36:根据解码表解码。与现有技术相比,本发明具有提高光学相机通信系统总体吞吐量与通信距离等优点。



1. 一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1:生成编码表和解码表,

步骤S2:发送端编码并发送信号,

步骤S3:接收端接收信号并解码;

所述生成编码表和解码表包括以下步骤:

步骤S11:获取第L层接收端的状态向量,其中,L为编码表总层数且等于LED灯数,

步骤S12:将获得的状态向量中的观测状态按照顺序分成奇数项和偶数项,

步骤S13:将步骤S12获得的奇数项代表的观测状态分配至第一接收比特串,偶数项代表的观测状态分配至第二接收比特串,得到当前层的解码表,所述第一接收比特串、第二接收比特串长度均为L,第a个之前的比特与上层对应的接收比特串保持一致,第a个之后的比特设为X,第一接收比特串第a个比特设为0,第二接收比特串第a个比特设为1,其中,a为当前层数,X为丢弃比特,比特为0表示灯亮,比特为1表示灯灭,

步骤S14:将步骤S13中奇数项和偶数项代表的观测状态分别作为前一层的状态向量,重复执行步骤S12至步骤S14,直至得到第一层的解码表,表明解码表生成完成,

步骤S15:将解码表中的观测状态至接收比特串的映射取逆,同时将接收比特串修改为发送比特串,观测状态修改为亮灭状态,得到编码表;

所述发送端编码并发送信号包括以下步骤:

步骤S21:发送端在每个发送周期从待发送的L个优先级比特流中按顺序各取1比特组成长度为L的发送比特串DT,

步骤S22:根据所述编码表将发送比特串DT映射为LED亮灭状态LT,

步骤S23:添加用于接收端时空同步及信道估计的帧前导码,与LED亮灭状态LT共同组成发送端发送的数据帧,

步骤S24:根据数据帧控制发送端各个LED的通断,将光信号发送至接收端;

所述接收端接收信号并解码包括以下步骤:

步骤S31:接收端拍摄包含有发送端的连续视频流,

步骤S32:完成数据帧的空间同步和时间同步,

步骤S33:LED信道分割,

步骤S34:调整接收端曝光参数,直至当1个LED灯亮起时,相机观测得到的亮度值为 $255/L$ ,

步骤S35:针对步骤S33分割的每个LED信道,根据帧前导码中用于信道估计的比特串,测量当前LED信道在发送端点亮不同个数的LED灯时的观测亮度等级,确定不同亮度等级间的判别阈值,根据亮度等级的判别阈值,判断每个LED信道的亮度等级对应的点亮LED的个数,

步骤S36:根据点亮LED的个数,得到观测状态,再根据解码表解码得到接收比特串。

2. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述第L层为接收端的最高层,包含L+1个状态,共计 $2^L$ 个子状态。

3. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述观测状态中由于空间混叠无法区分的LED状态用中括号括起。

4. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所

述帧前导码为一串预定义的比特串。

5. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述步骤S32具体为将视频流的每帧划分为大小相同的像素块 $s$ ,计算像素块亮度信号 $s(t)$ ,所述像素块亮度信号 $s(t)$ 为每个像素块中所有像素的亮度随时间变化的序列,计算像素块亮度信号 $s(t)$ 与帧前导码 $p(t)$ 的互相关信号 $r(t)$ ,并寻找具有最大互相关值的 $x$ 个像素块重新拼接为候选像素块 $s'$ ,该像素块指出了LED阵列在画面中的粗略位置,完成数据帧的空间同步;然后,重新计算候选像素块 $s'$ 的亮度信号 $s'(t)$ ,计算候选像素块亮度信号 $s'(t)$ 与帧前导码 $p(t)$ 的互相关信号 $r'(t)$ , $r'(t)$ 达到最大值对应的时间即为数据帧开始的时间,完成数据帧的时间同步。

6. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述步骤S33具体为:接收端通过步骤S32获取LED连续闪烁的两帧图像并对其进行差分,对得到的差分图像使用伽马校正和高斯模糊以抑制噪声,进而使用大津二值化分离光源像素和背景像素,最终得到每个LED信道的像素块,实现像素级的LED信道分割。

7. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述发送端为LED阵列。

8. 根据权利要求1所述的一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,其特征在于,所述接收端为相机。

9. 一种基于光学相机的多优先级分层编码装置,包括存储器、处理器,以及存储于所述存储器中的程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1-8中任一所述的方法。

10. 一种存储介质,其上存储有程序,其特征在于,所述程序被执行时实现如权利要求1-8中任一所述的方法。

## 基于光学相机的多优先级分层编码方法、装置及存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信领域,尤其是涉及一种基于光学相机的多优先级分层编码方法、装置及存储介质。

### 背景技术

[0002] 可见光通信(VLC)由于可见光谱极为丰富且无需授权的频谱资源,将在未来的6G网络中担任重要的角色。根据发送和接收端器件类型,可见光通信技术可进一步分为不同的子类,其中,使用光电二极管(LED)作为发射端,图像传感器作为接收端的光学相机通信(OCC)备受关注。光学相机可以有效实现一对多的广播式通信,即同一时间允许一个发送端向多个接收端传输信息,这对于智能车辆或无人机的协调工作有至关重要的意义。然而,通信距离是光学相机通信场景中一大性能瓶颈。如果发送端(LED阵列)与接收端(相机)的距离足够远,相机将无法区分LED阵列上紧靠在一起的两个光源,从而导致严重的信道间干扰,称之为LED混叠。尤其是一对多通信场景下,若发送端以距离最近接收端数据率发送数据,则远处的接收端由于LED混叠将无法接收任何数据;若发送端根据最远的接收端限制数据率,则势必会浪费近距离接收端的通信容量。因此,LED混叠极大地限制了光学通信系统的通信距离,降低通信系统的整体吞吐量。

[0003] 为了解决LED混叠带来的通信性能瓶颈,科研工作者提出了分层编码方法以支持动态变化信道容量。分层编码是一种物理层编码技术,该技术允许不同距离的接收端根据观测的信道状态动态调整其接收数据率,以保证近距离接收端尽可能达到高数据率,而远距离接收端不至于丢失所有数据。文献“Experimental on hierarchical transmission scheme for visible light communication using LED traffic light and high-speed camera”使用二维小波变换将3层优先级的数据嵌入到LED阵列的不同频率分量中,这种基于空间频率的分层编码方案具有较高的误码率且对LED阵列的形状和灯数有特定要求,限制了该技术的实际使用。文献“Overlay coding for road-to-vehicle visible light communication using LED array and high-speed camera”为避免小波变换带来的限制提出重叠码的编码方法,该方法将数据比特嵌入到尺寸不同的LED块中,然后将这些LED块在同一LED阵列上进行空间重叠以生成最终的重叠码,从而使远距离的接收端可以接收嵌入在大尺寸LED块中的数据,但却由于一个LED块中的所有LED灯传输相同的信息,存在编码效率低的问题,对于分辨能力强的近距离接收端来说造成了信道资源的浪费。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于光学相机的多优先级分层编码方法、装置及存储介质,提高广播传输的总体吞吐量和通信距离。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤S1:生成编码表和解码表,

- [0008] 步骤S2:发送端编码并发送信号,
- [0009] 步骤S3:接收端接收信号并解码;
- [0010] 所述生成编码表和解码表包括以下步骤:
- [0011] 步骤S11:获取第L层接收端的状态向量,其中,L为编码表总层数且等于LED灯数,
- [0012] 步骤S12:将获得的状态向量中的观测状态按照顺序分成奇数项和偶数项,
- [0013] 步骤S13:将步骤S12获得的奇数项代表的观测状态分配至第一接收比特串,偶数项代表的观测状态分配至第二接收比特串,得到当前层的解码表,所述第一接收比特串、第二接收比特串长度均为L,第a个之前的比特与上层对应的接收比特串保持一致,第a个之后的比特设为X,第一接收比特串第a个比特设为0,第二接收比特串第a个比特设为1,其中,a为当前层数,X为丢弃比特,比特为0表示灯亮,比特为1表示灯灭,
- [0014] 步骤S14:将步骤S13中奇数项和偶数项代表的观测状态分别作为前一层的状态向量,重复执行步骤S12至步骤S14,直至得到第一层的解码表,表明解码表生成完成,
- [0015] 步骤S15:将解码表中的观测状态至接收比特串的映射取逆,同时将接收比特串修改为发送比特串,观测状态修改为亮灭状态,得到编码表;
- [0016] 所述发送端编码并发送信号包括以下步骤:
- [0017] 步骤S21:发送端在每个发送周期从待发送的L个优先级比特流中按顺序各取1比特组成长度为L的发送比特串DT,
- [0018] 步骤S22:根据所述编码表将发送比特串DT映射为LED亮灭状态LT,
- [0019] 步骤S23:添加用于接收端时空同步及信道估计的帧前导码,与LED亮灭状态LT共同组成发送端发送的数据帧,
- [0020] 步骤S24:根据数据帧控制发送端各个LED的通断,将光信号发送至接收端;
- [0021] 所述接收端接收信号并解码包括以下步骤:
- [0022] 步骤S31:接收端拍摄包含有发送端的连续视频流,
- [0023] 步骤S32:完成数据帧的空间同步和时间同步,
- [0024] 步骤S33:LED信道分割,
- [0025] 步骤S34:调整接收端曝光参数,直至当1个LED灯亮起时,相机观测得到的亮度值为 $255/L$ ,
- [0026] 步骤S35:针对步骤S33分割的每个LED信道,根据帧前导码中用于信道估计的比特串,测量当前LED信道在发送端点亮不同个数的LED灯时的观测亮度等级,确定不同亮度等级间的判别阈值,根据亮度等级的判别阈值,判断每个LED信道的亮度等级对应的点亮LED的个数,
- [0027] 步骤S36:根据点亮LED的个数,得到观测状态,再根据解码表解码得到接收比特串。
- [0028] 所述第L层为接收端的最高层,包含L+1个状态,共计 $2^L$ 个子状态。
- [0029] 所述观测状态中由于空间混叠无法区分的LED状态用中括号括起。
- [0030] 所述帧前导码为一串预定义的比特串。
- [0031] 所述步骤S32具体为将视频流的每帧划分为大小相同的像素块s,计算像素块亮度信号s(t),所述像素块亮度信号s(t)为每个像素块中所有像素的亮度随时间变化的序列,计算像素块亮度信号s(t)与帧前导码p(t)的互相关信号r(t),并寻找具有最大互相关值的

$x$ 个像素块重新拼接为候选像素块 $s'$ ,该像素块指出了LED阵列在画面中的粗略位置,完成数据帧的空间同步;然后,重新计算候选像素块 $s'$ 的亮度信号 $s'(t)$ ,计算候选像素块亮度信号 $s'(t)$ 与帧前导码 $p(t)$ 的互相关信号 $r'(t)$ , $r'(t)$ 达到最大值对应的时间即为数据帧开始的时间,完成数据帧的时间同步。

[0032] 所述步骤S33具体为:接收端通过步骤S32获取LED连续闪烁的两帧图像并对其进行差分,对得到的差分图像使用伽马校正和高斯模糊以抑制噪声,进而使用大津二值化分离光源像素和背景像素,最终得到每个LED信道的像素块,实现像素级的LED信道分割。

[0033] 所述发送端为LED阵列。

[0034] 所述接收端为相机。

[0035] 一种基于光学相机的多优先级分层编码装置,包括存储器、处理器,以及存储于所述存储器中的程序,所述处理器执行所述程序时实现如上述所述的方法。

[0036] 一种存储介质,其上存储有程序,所述程序被执行时实现如上述所述的方法。

[0037] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0038] (1) 本发明采用了LED光源独立闪烁的物理层分层编码方法,相对于现有基于多尺寸LED块(LED光源非独立闪烁)的分层编码方案,有效地提高了物理层编码空间的利用率,避免了对近距离接收端信道容量的牺牲,进而提升了一对多广播传输的总体吞吐量,总体吞吐量提升67%。

[0039] (2) 本发明对远距离光学相机通信中的LED混叠问题进行深入建模分析,构建接收端的观测状态空间,进而设计了迭代对称式的编解码表生成算法,相对于现有分层编码方法,具有运算简便、误码率低的优势。

[0040] (3) 本发明无需对现有发送端(LED阵列)的硬件进行修改,只需改变LED灯的亮灭模式即可实现多优先级的广播发送,而接收端可以是任意配备有光学相机的移动电子设备,具有广泛的适用性。

[0041] (4) 本发明为发送端设计了独特的数据帧结构,在低通信开销的条件下实现了多接收端统一的帧同步和信道估计,确保了一对多通信时的高信噪比、低误码率。

[0042] (5) 本发明提高了光学相机通信的距离,使得远距离接收端不会因为LED混叠(信道间干扰)丢失所有传输数据。

## 附图说明

[0043] 图1为本发明的流程图;

[0044] 图2为本发明的应用场景示意图;

[0045] 图3为本发明的数据传输流程图示例;

[0046] 图4为本发明编码表和解码表生成过程所涉及的各种概念和定义示例( $L=4$ );

[0047] 图5为本发明状态向量重新分配示例(第4层奇数项在第3层的重新分配);

[0048] 图6为本发明状态向量重新分配示例(第4层偶数项在第3层的重新分配);

[0049] 图7为本发明解码表示例( $L=4$ )。

## 具体实施方式

[0050] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案

为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0051] 一种基于光学相机的多优先级分层编码方法,包括以下步骤:

[0052] 步骤S1:生成编码表和解码表,

[0053] 步骤S2:发送端编码并发送信号,

[0054] 步骤S3:接收端接收信号并解码。

[0055] 本方法应用在一对多光学相机通信场景中,利用物理层分层编码实现多优先级传输。图2为本发明的应用场景示意图。所述发送端为LED阵列。所述接收端为相机。广播发送端(LED阵列)根据唯一的编码表对需要传输的多优先级比特流进行分层编码。注意,本发明装置中的发送端LED阵列是非均匀的(图中的LED-4与3、3与2、2与1之间的距离是 $1d$ , $2d$ , $3d$ )。分布在特定距离(层次)的接收端(相机)根据观测的LED混叠状态(光信道状态)确定相应的解码表,动态地调整接收数据率。

[0056] 所述生成编码表和解码表包括以下步骤:

[0057] 步骤S11:获取第L层接收端的状态向量,其中,L为编码表总层数且等于LED灯数,

[0058] 步骤S12:将获得的状态向量中的观测状态按照顺序分成奇数项和偶数项,

[0059] 步骤S13:将步骤S12获得的奇数项代表的观测状态分配至第一接收比特串,偶数项代表的观测状态分配至第二接收比特串,得到当前层的解码表,所述第一接收比特串、第二接收比特串长度均为L,第a个之前的比特与上层对应的接收比特串保持一致,第a个之后的比特设为X,第一接收比特串第a个比特设为0,第二接收比特串第a个比特设为1,其中,a为当前层数,X为丢弃比特,比特为0表示灯亮,比特为1表示灯灭,

[0060] 步骤S14:将步骤S13中奇数项和偶数项代表的观测状态分别作为前一层的状态向量,重复执行步骤S12至步骤S14,直至得到第一层的解码表,表明解码表生成完成,

[0061] 步骤S15:将解码表中的观测状态至接收比特串的映射取逆,同时将接收比特串修改为发送比特串,观测状态修改为亮灭状态,得到编码表。

[0062] 所述第L层为接收端的最高层,包含L+1个状态,共计 $2^L$ 个子状态。

[0063] 本实施例以L=4为例,说明编码表与解码表的生成过程。

[0064] 步骤S11:获取第L层接收端的状态向量 $sv_L$ ,该向量的每个元素对应于第L层接收端一种可能的观测状态 $LR_L$ 。如图4所示,本发明中接收端的层数与发送端LED阵列的灯数相同,在灯数L=4的情况下,第4层是接收端的最高层次。最高层次的接收端观察到的4个LED全部混叠,因此,第4层接收端可以观察到的混叠LED有5个状态( $LR_4^i, i=0,1,\dots,4$ ),其对应的LED点亮个数由0变化至4,这5个状态对应于图4的5列。每个LED状态又包含若干无法区分的子状态,例如第3列表示4个LED中有2个被点亮,但由于空间混叠,接收端无法区分哪两个被点亮,根据排列组合该状态包含 $C_4^2 = 6$ 个子状态。每个状态的子状态个数按子状态二进制由小到大排列构成层4的状态向量 $sv_4 = (C_4^0, C_4^1, C_4^2, C_4^3, C_4^4) = (1,4,6,4,1)$ 。第4层所有状态及其子状态构成第4层的状态空间。第4层的状态空间包含了发送端所有可能的 $2^4 = 16$ 种子状态,举例来说,状态 $LR_4^1 = \{[0001], [0010], [0100], [1000]\}$ 代表LED点亮个数为1,中括号内状态表示相应LED灯混叠,接收端无法判断具体哪个灯被点亮。

[0065] 步骤S12:将状态向量 $sv_L$ 进行奇偶项分解,其中,状态 $LR_4^1, LR_4^3$ 为奇数项,状态 $LR_4^0, LR_4^2, LR_4^4$ 为偶数项。

[0066] 步骤S13:将第L层状态向量 $sv_L$ 中,奇数项对应的观测状态 $sv_L^{odd}$ 分配为接收比特串 $DR_L^0 = 0XX \cdots X$ ;偶数项对应的观测状态 $sv_L^{even}$ 分配为接收比特串 $DR_L^1 = 1XX \cdots X$ 。其中,X为丢弃比特,表示对应位置的比特在该层被丢弃。即,状态 $LR_4^1, LR_4^3$ 对应的8种子状态分配 $DR_4^0 = 0XXX$ ,状态 $LR_4^0, LR_4^2, LR_4^4$ 对应的8种子状态分配 $DR_4^1 = 1XXX$ 为,第L层的所有观测状态 $LR_L$ 都映射为特定的接收比特串 $DR_L$ 后,得到第L层的解码表 $DeT_L$ 。

[0067] 步骤S14:将 $sv_L^{odd}$ 和 $sv_L^{even}$ 分别作为前一层(即第3层)的状态向量,重新执行步骤S12至步骤S14,能够得到第L-1层的解码表 $DeT_{L-1}$ 。

[0068] 以 $sv_L^{odd}$ 为例, $sv_L^{odd}$ 包含状态 $LR_4^1 = \{[0001], [0010], [0100], [1000]\}$ , $LR_4^3 = \{[0111], [1011], [1101], [1110]\}$ ,这些子状态在前一层(第3层)会重新划分为不同的状态。层3的接收端由于距离变近,4个混叠的LED灯变为1个独立的LED灯和3个混叠的LED灯,所以 $LR_4^1$ 在层3重新划分为2个状态,分别为 $LR_3^1 = \{0[001], 0[010], 0[100]\}$ 和 $LR_3^0 = \{1[000]\}$ , $LR_4^3$ 在层3重新划分为2个状态,分别为 $LR_3^2 = \{1[011], 1[101], 1[110]\}$ 和 $LR_3^3 = \{0[111]\}$ ,将奇数项 $LR_3^1, LR_3^3$ 分配为接收比特串 $DR_3^{00} = 00XX$ ,将偶数项 $LR_3^0, LR_3^2$ 分配为接收比特串 $DR_3^{01} = 01XX$ ,其中,第一个比特0代表本状态在第4层对应的观测状态为奇数项。此分配过程如图5所示。

[0069] 为了使得编码过程对称, $sv_L^{even}$ 的分配过程如图6所示。完成 $sv_L^{odd}$ 和 $sv_L^{even}$ 的重新分配后,得到第3层的解码表 $DeT_3$ 。

[0070] 重复执行直至完成第1层解码表 $DeT_1$ ,表明完成解码表生成,如图7所示。

[0071] 所述发送端编码并发送信号包括以下步骤:

[0072] 步骤S21:发送端在每个发送周期从待发送的L个优先级比特流中按顺序各取1比特组成长度为L的发送比特串DT,

[0073] 步骤S22:根据所述编码表将发送比特串DT映射为LED阵列的亮灭状态LT,

[0074] 步骤S23:添加用于接收端时空同步及信道估计的帧前导码,与LED亮灭状态LT共同组成发送端发送的数据帧,所述帧前导码为一串预定义的0/1比特串,

[0075] 步骤S24:根据数据帧控制发送端各个LED的通断,将光信号发送至接收端。

[0076] 所述接收端接收信号并解码包括以下步骤:

[0077] 步骤S31:接收端拍摄包含有发送端的连续视频流,

[0078] 步骤S32:完成数据帧的空间同步和时间同步,

[0079] 所述步骤S32具体为将视频流的每帧划分为大小相同的像素块s,计算像素块亮度信号s(t),所述像素块亮度信号s(t)为每个像素块中所有像素的亮度随时间变化的序列,计算像素块亮度信号s(t)与帧前导码p(t)的互相关信号r(t),并寻找具有最大互相关值的x个像素块重新拼接为候选像素块s',该像素块指出了LED阵列在画面中的粗略位置,完成数据帧的空间同步;然后,重新计算候选像素块s'的亮度信号s'(t),计算候选像素块亮度

信号 $s'(t)$ 与帧前导码 $p(t)$ 的互相关信号 $r'(t)$ ,  $r'(t)$ 达到最大值对应的时间即为数据帧开始的时间,完成数据帧的时间同步。

[0080] 步骤S33:LED信道分割,

[0081] 接收端通过步骤S32获取LED连续闪烁的两帧图像并对其进行差分,对得到的差分图像使用伽马校正和高斯模糊以抑制噪声,进而使用大津二值化分离光源像素和背景像素,最终得到每个LED信道的像素块,实现像素级的LED信道分割。

[0082] 步骤S34:调整接收端曝光参数,直至当1个LED灯亮起时,相机观测得到的亮度值为 $255/L$ ,

[0083] 步骤S35:针对步骤S33分割的每个LED信道,根据帧前导码中用于信道估计的比特串,测量当前LED信道在发送端点亮不同个数的LED灯时的观测亮度等级,确定不同亮度等级间的判别阈值,根据亮度等级的判别阈值,判断每个LED信道的亮度等级对应的点亮LED的个数,

[0084] 步骤S36:根据点亮LED的个数,得到观测状态,再根据解码表解码得到接收比特串。

[0085] 图2为本发明的数据传输流程图示例。图2自左向右表示发送端需要传输具有多个优先级的比特流,在每个发送周期从每个比特流取1个比特构成发送比特串记为DT,根据编码表将DT映射为LED阵列的开关状态LT,其中1表示相应位置的LED灯点亮,0表示相应位置的LED灯熄灭。LED光线经过光信道传输后,假设被一个处于层次3的接收端接收,其观测到的LED状态记为 $LR_3 = 1[011]$ ,其中,中括号括起状态“[011]”表示相应的LED由于信道混叠已无法从空间上区分各个灯的状态。层3的接收端根据其解码表解码 $LR_3$ ,得到层3的接收比特串 $DR_3 = 10XX$ ,其中X为丢弃比特,表示相应数据位由于低优先级在层3被丢弃。若干发送周期后,层3可以得到接收比特流,其中低优先级的两个流被丢弃。

[0086] 上述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

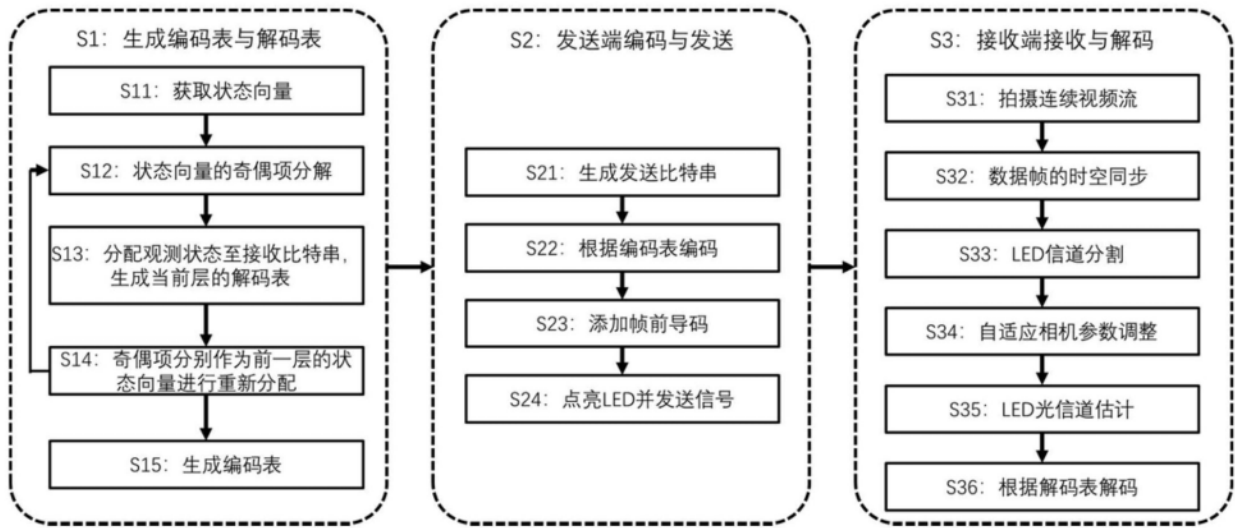


图1

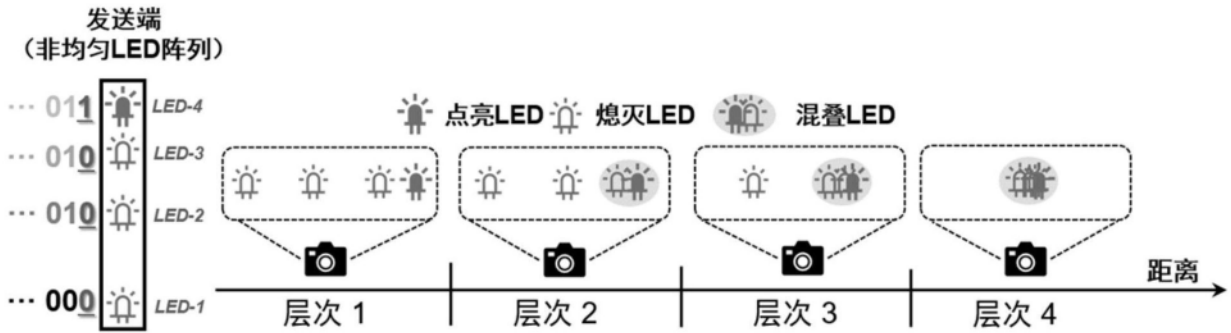


图2

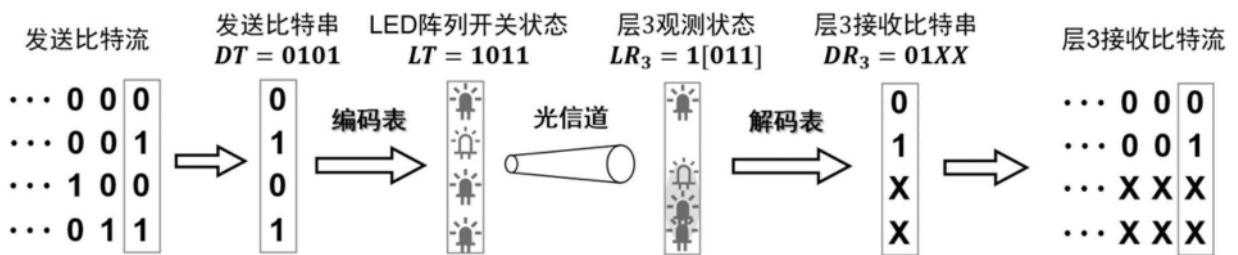


图3






层4状态向量 $SV_4$	1	4	6	4	1
LED点亮个数	0	1	2	3	4
层4 LED状态					
层4 LED 状态空间	[0000]	[0001] [0010] [0100] [1000]	[0011] [0101] [0110] [1001] [1010] [1100]	[0111] [1011] [1101] [1110]	[1111]

图4

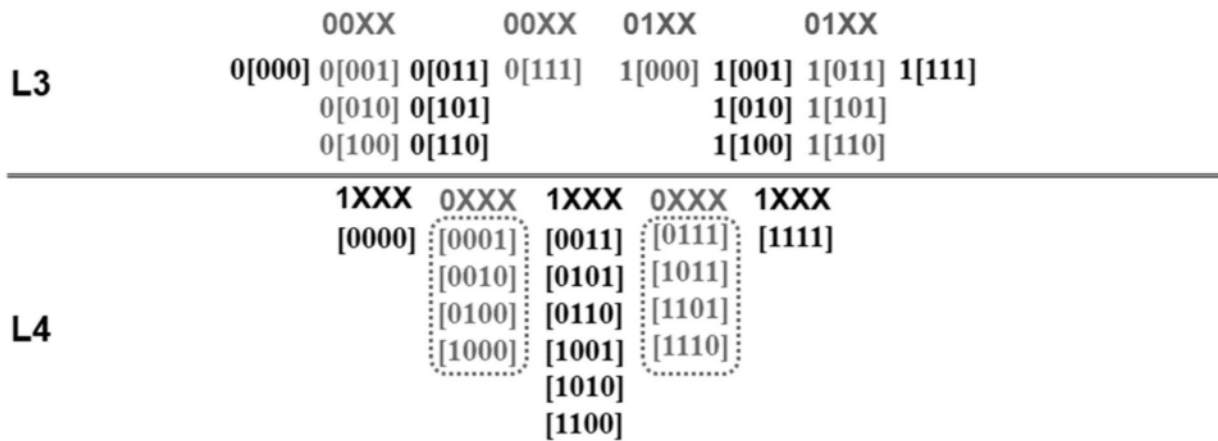


图5

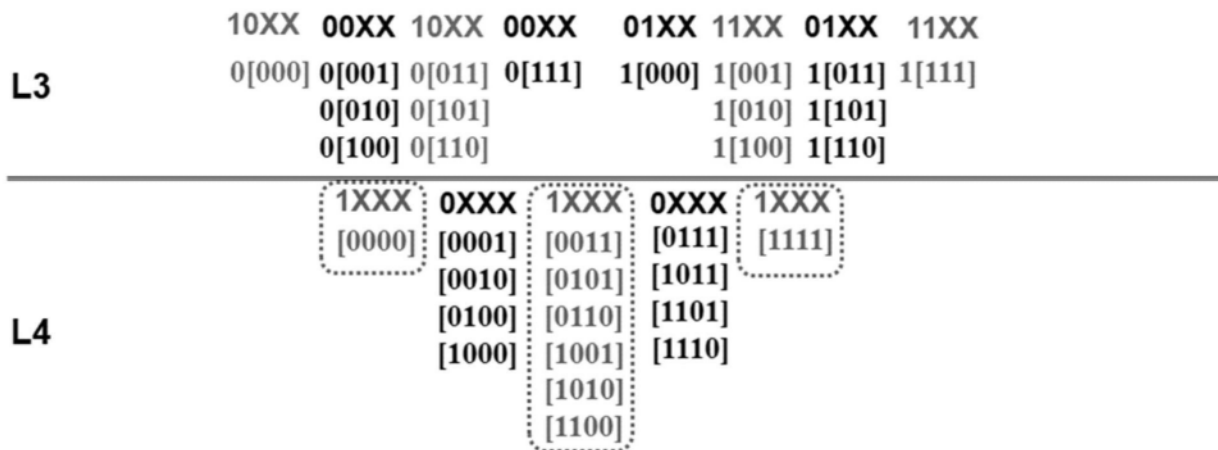


图6

<b>L1</b>	1000	0000	0001	1001	0010	1010	1011	0011				
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111				
	0100	1100	1101	0101	1110	0110	0111	1111				
	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111				
<b>L2</b>	100X	000X	100X	001X	101X	001X	010X	110X	010X	111X	011X	111X
	00[00]	00[01]	00[11]	01[00]	01[01]	01[11]	10[00]	10[01]	10[11]	11[00]	11[01]	11[11]
		00[10]		01[10]			10[10]			11[10]		
<b>L3</b>	10XX	00XX	10XX	00XX	01XX	11XX	01XX	11XX				
	0[000]	0[001]	0[011]	0[111]	1[000]	1[001]	1[011]	1[111]				
		0[010]	0[101]			1[010]	1[101]					
		0[100]	0[110]			1[100]	1[110]					
<b>L4</b>	1XXX	0XXX	1XXX	0XXX	1XXX							
	[0000]	[0001]	[0011]	[0111]	[1111]							
		[0010]	[0101]	[1011]								
		[0100]	[0110]	[1101]								
		[1000]	[1001]	[1110]								
			[1010]	[1100]								

图7