



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107332616 B

(45)授权公告日 2019.10.22

(21)申请号 201710552276.4

(22)申请日 2017.07.07

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107332616 A

(43)申请公布日 2017.11.07

(73)专利权人 中国科学技术大学  
地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路  
96号

(72)发明人 徐正元 汪洁 李上宾

(74)专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有  
限公司 11260  
代理人 郑立明 郑哲

(51)Int.Cl.  
H04N 5/445(2011.01)

(56)对比文件

KR 100725414 B1,2007.06.07,  
CN 105120325 A,2015.12.02,

审查员 胡文好

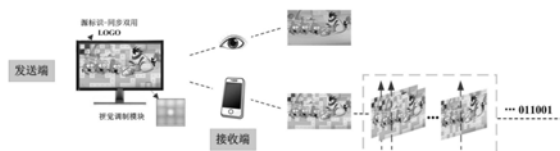
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构

## (57)摘要

本发明公开了一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,通过采用各子模块调制系数服从二维高斯分布的视觉调制模块,可将视觉调制模块大小变为原来的 $1/(K \times K)$ 并弱化了相邻视觉调制模块之间的跳变边沿,从而可以进一步降低源视频的闪烁;实验证明,在相同的实验条件下,采用该种视觉调制模块对降低源视频的闪烁有一定的作用。此外,通过采用固定在播放视频画面左上角位置处类似于电视节目台标的源标识-同步双用LOGO,可在不影响源视频观看效果的同时,完成告知用户该视频已嵌入隐式信息的功能;实验证明,固定位置处每隔与发送端数据包长度相对应的时间跳变一次的视频类型标注LOGO能够协助接收端即使在帧率不稳的情况下,依然达到鲁棒性好的同步性能。



1. 一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,其特征在於,包括:人眼不可见的视觉调制模块与人眼可见的源标识-同步双用LOGO;

其中,基于人眼的视觉特性分析信息嵌入载体视频后对观看视频效果的影响因素,并根据所述影响因素调整人眼不可见的视觉调制模块的各项参数,调整各项参数后的人眼不可见的视觉调制模块中,人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率高于阈值,在空间维度上减弱相邻区域亮度变化引起的跳变边沿,并且视觉调制模块小于预定值,从而弱化可能引起的视觉闪烁;所述人眼不可见的视觉调制模块在空间上被划分为 $K \times K$ 个子模块,每个子模块大小为原视觉调制模块的 $1/(K \times K)$ ;

人眼可见的源标识-同步双用LOGO嵌入在视频画面的特定位置,能够在不影响源视频观看效果的同时告知用户所播放视频是否携带隐式信息,并且所嵌入的人眼可见的源标识-同步双用LOGO还作为隐式光通信系统的时间同步符号,协助收发端进行时间同步。

2. 根据权利要求1所述的一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,其特征在於,所述人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率依赖于发送端显示器的刷新率。

3. 根据权利要求1所述的一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,其特征在於,所述视觉调制模块的子模块调制系数,服从以子模块中心处调制系数为峰值的二维高斯分布。

4. 根据权利要求1所述的一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,其特征在於,所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO位于视频画面的左上角,用来表明源视频是否携带隐式信息。

5. 根据权利要求1所述的一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,其特征在於,所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO在视频画面左上角位置处每隔与发送端数据包长度相对应的的时间跳变一次,协助收发端进行时间同步。

## 适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及隐式通信技术领域,尤其涉及一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构。

### 背景技术

[0002] 隐式光通信系统利用泛在且商用的阵列显示发光设备和终端成像设备,建立了一个安全、低成本、显示通信多样化的可见光通信链路。隐式光通信兼顾人眼的视觉效果与通信系统安全性,将隐式信息嵌入到显示图像或视频中,既保证原有图像、视频在显示屏上的正常显示和播放功能,又能使隐式信息被终端成像设备获取并解调恢复,实现显示屏到终端成像设备的单向通信。相较于传统基于二维码的短距离通信,隐式光通信系统更注重提升人眼的视觉感知效果、通信速率以及通信链路的安全性。

[0003] 目前,在隐式光通信系统中,需要发送端在载体视频中嵌入待传输信息的同时保证良好的视觉效果,即无明显闪烁感,这主要依赖于发送端显示器的高刷新率(120Hz);然而,大多数现有的商用显示器,包括电脑显示器、家用液晶显示器等,其主流的刷新率仍然为60Hz左右。因此,所设计的隐式光通信发送端空间帧格式需要适用于这种低刷新率的显示源端,在满足人眼视觉效果的同时完成较高速率的通信功能。

[0004] 并且,隐式光通信系统致力于将待传输信息嵌入载体视频中并保证人眼的不可见,但对于用户而言无法确定显示器所播放的视频源是否携带有隐式信息,因此,需要设计一种对人眼可见但不影响观看效果的标识。

[0005] 鉴于此,有必要进入深入研究以解决现有技术所存在的上述技术问题。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,能够在一定程度上降低含有隐式信息视频源的闪烁,保证良好的视觉效果;此外,通过人眼可见的源标识-同步双用LOGO,表明当前播放的视频是否已嵌入隐式信息,并且协助接收端完成系统同步。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0008] 一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,包括:人眼不可见的视觉调制模块与人眼可见的源标识-同步双用LOGO;

[0009] 其中,基于人眼的视觉特性分析信息嵌入载体视频后对观看视频效果的影响因素,并根据所述影响因素调整人眼不可见的视觉调制模块的各项参数,调整各项参数后的人眼不可见的视觉调制模块中,人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率高于阈值,在空间维度上减弱相邻区域亮度变化引起的跳变边沿,并且视觉调制模块小于预定值,从而弱化可能引起的视觉闪烁;

[0010] 人眼可见的源标识-同步双用LOGO嵌入在视频画面的特定位置,能够在不影响源视频观看效果的同时告知用户所播放视频是否携带隐式信息,并且所嵌入的人眼可见的源

标识-同步双用LOGO还作为隐式光通信系统的时间同步符号,协助收发端进行时间同步。

[0011] 所述人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率依赖于发送端显示器的刷新率。

[0012] 所述人眼不可见的视觉调制模块在空间上被划分为 $K \times K$ 个子模块,每个子模块大小为原视觉调制模块的 $1/(K \times K)$ 。

[0013] 所述视觉调制模块的子模块调制系数,服从以子模块中心处调制系数为峰值的二维高斯分布。

[0014] 所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO位于视频画面的左上角,用来表明源视频是否携带隐式信息。

[0015] 所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO在视频画面左上角位置处每隔与发送端数据包长度相对应的时间跳变一次,协助收发端进行时间同步。

[0016] 由上述本发明提供的技术方案可以看出,通过采用各子模块调制系数服从二维高斯分布的视觉调制模块,可以将视觉调制模块大小变为原来的 $1/(K \times K)$ 并弱化了相邻视觉调制模块之间的跳变边沿,从而可以进一步降低源视频的闪烁;实验证明,在相同的实验条件下,采用该种视觉调制模块对降低源视频的闪烁有一定的作用。此外,通过采用固定在播放视频画面左上角位置处类似于电视节目上台标的源标识-同步双用LOGO,可在不影响源视频观看效果的同时,完成告知用户该视频已嵌入隐式信息的功能;实验证明,固定位置处每隔与发送端数据包长度相对应的时间跳变一次的视频类型标注LOGO能够协助接收端即使在帧率不稳的情况下,依然达到鲁棒性好的同步性能。

## 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0018] 图1为本发明实施例提供的隐式可见光通信的示意图;

[0019] 图2为本发明实施例提供的人眼不可见的视觉调制模块示意图;

[0020] 图3为本发明实施例提供的人眼可见的源标识-同步双用LOGO示意图。

## 具体实施方式

[0021] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明的保护范围。

[0022] 本发明实施例提供一种适用于隐式光通信系统的发送端空间帧结构,包括:人眼不可见的视觉调制模块与人眼可见的源标识-同步双用LOGO;

[0023] 其中,基于人眼的视觉特性分析信息嵌入载体视频后对观看视频效果的影响因素,并根据所述影响因素调整人眼不可见的视觉调制模块的各项参数。

[0024] 本发明实施例中,所述的影响因素主要包括如下三种:

[0025] 1、在时间维度上,人眼无法感知视频流中超越人眼闪烁频率阈值(CFF)的亮度变化,所感知的只是视频流中亮度变化的均值,当亮度变化频率低于CFF时,人眼就能感知到亮度变化,从而产生闪烁感,且变化频率越低闪烁越明显。

[0026] 2、在空间维度上,人眼对由于空间相邻区域亮度变化而产生的跳变边沿比较敏感,即使在时间维度上的切换频率远高于CFF,这种空间跳变边缘引起的闪烁也很容易被肉眼感知。

[0027] 3、无论是在时间维度还是空间维度上,减小源端视觉调制模块大小能够减小由于嵌入信息所引起的闪烁。

[0028] 本发明实施例所设计的适用于隐式光通信系统的人眼不可见的视觉调制模块应统筹兼顾以上三种影响因素,即调整各项参数后的人眼不可见的视觉调制模块中:人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率尽可能高(高于阈值),在空间维度上减弱相邻区域亮度变化引起的跳变边沿,并且视觉调制模块尽可能的小(小于预定值),从而弱化可能引起的视觉闪烁。

[0029] 本发明实施例中,所述人眼不可见的视觉调制模块在时间维度上的切换频率依赖于发送端显示器的刷新率。

[0030] 本发明实施例中,所述人眼不可见的视觉调制模块在空间上被划分为 $K \times K$ 个子模块,每个子模块大小为原视觉调制模块的 $1/(K \times K)$ 。

[0031] 本发明实施例中,所述视觉调制模块的子模块调制系数,服从以子模块中心处调制系数为峰值的二维高斯分布。

[0032] 本发明实施例中,人眼可见的源标识-同步双用LOGO嵌入在视频画面的特定位置,能够在不影响源视频观看效果的同时告知用户所播放视频是否携带隐式信息,并且所嵌入的人眼可见的源标识-同步双用LOGO还作为隐式光通信系统的时间同步符号,协助收发端进行时间同步。具体来说:

[0033] 所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO位于视频画面的左上角,用来表明源视频是否携带隐式信息。

[0034] 同时,所述人眼可见的源标识-同步双用LOGO在视频画面左上角位置处每隔与发送端数据包长度相对应的时间跳变一次,协助收发端进行时间同步。

[0035] 为了便于理解本发明,下面结合附图1-3对本发明做进一步的介绍。

[0036] 如图1中所示为本发明实施例提供的隐式可见光通信的示意图,其采用了本发明实施例所提供的发送端空间帧结构(人眼不可见的视觉调制模块与人眼可见的源标识-同步双用LOGO)。其中发送端显示器所播放的视频为已经嵌入隐式信息的视频;人眼无法感知已嵌入的信息,并且视频观看质量较未嵌入信息的原视频无明显降低;接收端相机能够提取视频中已嵌入的信息,并经过同步、信号解调后恢复出已嵌入的信息。

[0037] 如图2所示为本发明实施例提供的发送端人眼不可见的视觉调制模块示意图;将大小为 $M \times N$ 像素点的视觉调制模块划分为 $K \times K$ 个子模块,各子模块大小为原视觉调制模块的 $1/(K \times K)$ ,示意图中 $K$ 取值为3。并且,各子模块所代表的调制深度服从以子模块中心为峰值的二维高斯分布;位于原视觉调制模块中心的子模块其调制系数较其它子模块大,具有较高的峰值。采用此种设计的视觉调制模块,将原视觉调制模块划分为 $K \times K$ 个子模块,减小了最小调制单元的大小,从而降低了可能产生的闪烁感;每个子模块的调制系数服从二维

高斯分布,弱化了相邻视觉调制模板的跳变边沿,可以进一步降低由于明显跳变边缘带来的视频闪烁。

[0038] 如图3所示为本发明实施例提供的发送端人眼可见的源标识-同步双用LOGO示意图;若显示器上所播放的视频画面左上角有诸如此类的LOGO即表征该视频流内嵌入了隐式信息,若无此LOGO即表征该视频未嵌入隐式信息。该LOGO可以帮助用户判断视频流是否含有隐式信息,并且位于视频画面左上角类似于电视节目中的台标,不影响源视频的观看效果。图3左图与右图LOGO的一次跳变,即表征发送端已完成一个数据包的发送,接收端相机捕获到该跳变即可准确定位每个数据包在时域上的包头与包尾,从而在一定程度上解决了由于接收端相机帧率不稳所带来的同步问题。

[0039] 本领域技术人员可以理解,图3的主要目的是为了示出左上角的源标识-同步双用LOGO,而视频画面所示图像仅为举例。

[0040] 本发明实施例的上述方案中,通过采用各子模块调制系数服从二维高斯分布的视觉调制模块,可以将视觉调制模块大小变为原来的 $1/(K \times K)$ 并弱化了相邻视觉调制模块之间的跳变边沿,从而可以进一步降低源视频的闪烁;实验证明,在相同的实验条件下,采用该种视觉调制模块对降低源视频的闪烁有一定的作用。此外,通过采用固定在播放视频画面左上角位置处类似于电视节目中台标的源标识-同步双用LOGO,可在不影响源视频观看效果的同时,完成告知用户该视频已嵌入隐式信息的功能;实验证明,固定位置处每隔与发送端数据包长度相对应的时间跳变一次的视频类型标注LOGO能够协助接收端即使在帧率不稳的情况下,依然达到鲁棒性好的同步性能。

[0041] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明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披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

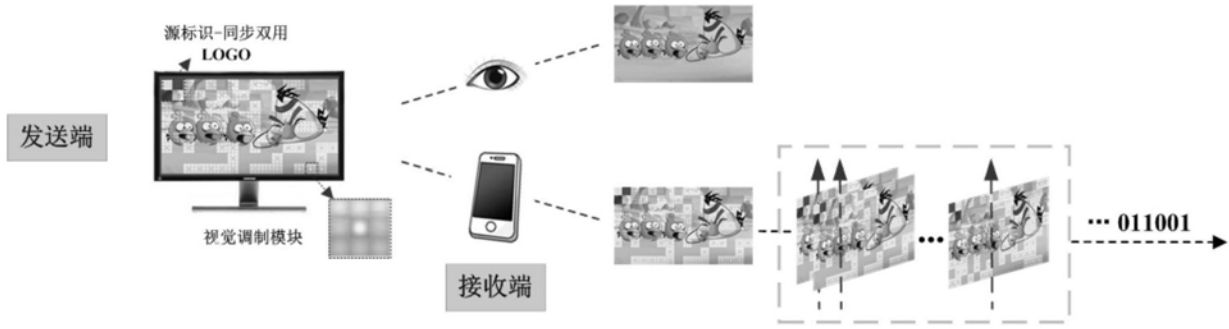


图1

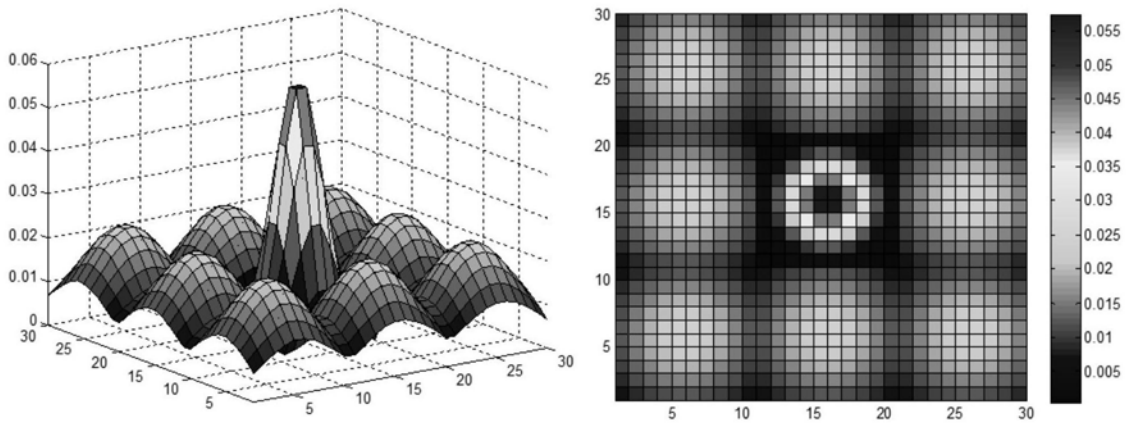


图2

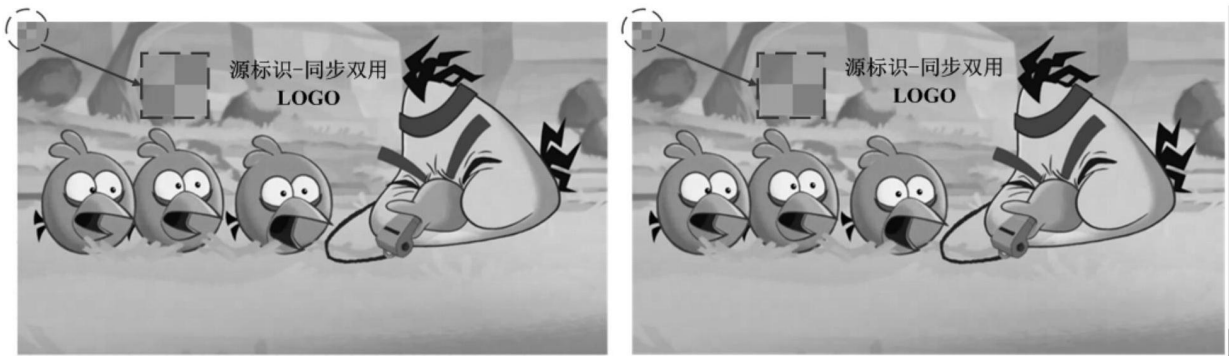


图3