



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107425896 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 18

(21) 申请号 201710687803.2

H04L 25/02 (2006.01)

(22) 申请日 2017.08.11

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107425896 A

CN 103560986 A, 2014.02.05  
CN 103595688 A, 2014.02.19  
CN 207039599 U, 2018.02.23  
US 2010284690 A1, 2010.11.11

(43) 申请公布日 2017.12.01

(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

关伟鹏, 文尚胜, 黄伟明, 陈颖聪, 张广慧. 基于神经网络的可见光通信接收系统的研究. 《中国激光》. 2015, 第42卷(第11期), 第1-8页.

(72) 发明人 关伟鹏 吴玉香 蔡焯 谢灿宇

Alin-Mihai Căilean, Mihai

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

Dimian. Toward Environmental-Adaptive Visible Light Communications Receivers for Automotive Applications: A Review. 《IEEE Sensors Journal》. 2016, 第16卷(第9期), 第2803-2811页.

专利代理师 何淑珍

审查员 王雪琴

(51) Int. Cl.

H04B 7/0413 (2017.01)

H04B 10/116 (2013.01)

H04B 17/391 (2015.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图1页

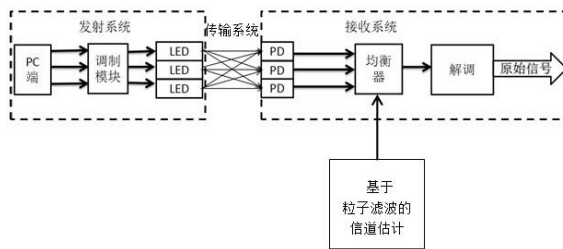
## (54) 发明名称

一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统

传输速率和精度。具有广泛的应用前景。

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,包括发射系统,传输系统和接收系统;其特征在于所述的发射系统包括计算机、调制模块以及多个LED;所述的传输系统主要由空气组成的信道;所述的接收系统包括多个PD,信道均衡器和解调模块;计算机即PC端发出原始信号,经调制模块后,由发射系统的多个LED发射光信号,经过不同的信道被接收系统的各个PD接收;PD接收到的信号经过信道均衡器和解调模块后可得到原始信号。由于传统多输入多输出(MIMO)可见光通信(VLC)系统时变信道估计方法精确度不高,导致接收部分接收的信号误差较大,因此,本发明对于多出入多输出的可见光通信系统的时变信道,提出采用基于粒子滤波的信道估计,通过对粒子的权值估计和重采样的方式,在不增加带宽和发射功率的条件下提高数据



1. 一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,包括发射系统,传输系统和接收系统;其特征在于所述的发射系统包括计算机、调制模块以及多个LED;所述的传输系统的信道由空气组成;所述的接收系统包括多个PD,信道均衡器和解调模块;计算机即PC端发出原始信号,经调制模块后,由发射系统的多个LED发射光信号,经过不同的信道被接收系统的各个PD接收;PD接收到的信号经过信道均衡器和解调模块后可得到原始信号;

LED光信号经过不同的时变信道传输后,分别到达接收系统;PD将接收到的加入信道增益的信号转化成电信号;经过滤波放大后估计出的信道增益,均衡并解调得到原始信号;所述信道增益采用基于粒子滤波的信道估计方法进行估计;通过估计出来的信道对接收到的信息进行均衡处理,从而得到信号的估计值;

所述基于粒子滤波的信道估计方法,即为在发射系统LED端发射已知序列,分别经过信道后到达接收系统的PD;接收到信号再滤掉不需要的光谱成分以及直流信号后,利用基于奇异值分解的最小均方误差估计(MMSE)信道估计对信道初始值进行估计;利用自回归一阶AR模型模拟可见光通信的时变信道,作为粒子滤波算法的状态方程;再利用AR模型系数对下一时刻的信道增益进行预测;接下来从LED发送检测信号进行检测,通过计算粒子权值,归一化权值,利用权值对粒子进行重采样,输出估计值。

2. 根据权利要求1所述的一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,其特征在于所述发射系统的LED根据调制后的信号按照设定的光电比例辐射出光信号。

3. 根据权利要求1所述的一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,其特征在于所述的接收系统还包括聚光透镜、滤波片和滤波放大器,信号传输依次经过聚光透镜、滤波片、PD和滤波放大器。

## 一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信技术,特别涉及一种基于粒子滤波多输入多输出可见光通信系统。

### 背景技术

[0002] 在不增加频谱资源的前提下,MIMO比单输入单输出系统(SISO)具有更高的传输容量。

[0003] 在传统的无线MIMO系统中,无线信道具有多样性、时变性、唯一性等特征,当无线MIMO系统的天线间距大于半个波长即可认为发送天线不存在相关性。但室内VLC信道一般建模为确定信道,且包含直射分量,MIMO信道的各子信道间没有随机性。同时,由于室内VLC系统采用强度调制与直接检测,携带信息的光信号为功率信号,缺乏频率和相位分量,导致室内MIMO VLC信道的子信道间干扰严重,信道的相关性很强,难以获取高的空间复用增益。

[0004] 与此同时,得到准确的信道,对于MIMO的VLC系统,人们通常采用单纯地LS或者MMSE信道估计方法。现有信道估计方式对信道估计有一定的作用,但是用于估计时变信道仍有所不足。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术存在的上述不足,提供一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,具体技术方案如下。

[0006] 一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,包括发射系统,传输系统和接收系统;所述的发射系统包括计算机、调制模块以及多个LED;所述的传输系统主要由空气组成的信道;所述的接收系统包括多个PD(光电二极管),信道均衡器和解调模块;计算机即PC端发出原始信号,经调制模块后,由发射系统的多个LED发射光信号,经过不同的信道被接收系统的各个PD接收;PD接收到的信号经过信道均衡器和解调模块后可得到原始信号。

[0007] 进一步地,所述发射系统的LED根据调制后的信号按照设定的光电比例辐射出光信号。

[0008] 进一步地,LED光信号经过不同的时变信道传输后,分别到达接收系统;PD将接收到的加入信道增益的信号转化成电信号;经过滤波放大后估计出的信道增益,均衡并解调得到原始信号;所述信道增益采用基于粒子滤波的信道估计方法进行估计;通过估计出来的信道对接收到的信息进行均衡处理,从而得到信号的估计值。

[0009] 所述的发射系统,通过调整LED的布局,即充分增加LED间的距离,减小LED与PD间的距离,使其空间相关性减小。

[0010] 所述的发射系统,是将信源将信号处理后,传输到LED上,LED按照一定的光电比例辐射出光信号。

[0011] 所述传输系统,是LED光信号经过不同的时变信道传输,到达接收系统。

[0012] 所述的接收系统还包括聚光透镜、滤波片和滤波放大器,信号传输关系为聚光透

镜、滤波片、PD和滤波放大器。PD将接收到的加入信道增益的信号转化成电信号。经过滤波放大等步骤后,用估计出的信道增益,均衡并解调得到原始信号。为了需求出信道增益,本发明采用基于粒子滤波的信道估计方法对信道进行估计。通过估计出来的信道对接收到的信息进行均衡处理,从而得到原始信号的估计值。

[0013] 所说的基于粒子滤波的信道估计方法,即为在发射部分LED端发射已知序列,分别经过信道后到达接收部分的PD。接收到信号在对滤掉不需要的光谱成分以及直流信号后,利用基于奇异值分解的最小均方误差估计(MMSE)信道估计对信道初始值进行估计。利用自回归一阶AR模型模拟可见光通信的时变信道,作为粒子滤波算法的状态方程。再利用AR模型系数对下一时刻的信道增益进行预测。接下来从LED发送检测信号进行检测。通过计算粒子权值,归一化权值,利用权值对粒子进行重采样,输出估计值。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0015] 1. 本发明将粒子滤波算法运用到MIMO VLC系统中。在使用MIMO技术扩大VLC的信道容量的同时,将粒子滤波算法融入到系统中,能通过对信道的精确估计,设计均衡器,恢复已变形的失真信号。进一步提高MIMO VLC系统的广泛性和实用性。

[0016] 2. 本发明采用基于奇异值分解的MMSE信道估计算法对MIMO的VLC系统进行信道估计,在确保信道精确度的同时能够减少计算量。

[0017] 3. 本发明将VLC中LED、PD的布局的研究和对MIMO信道估计的研究结合起来。将有可能解决MIMO中信道相关性的问题,并在MIMO的前提下进一步扩大信道容量。

## 附图说明

[0018] 图1为实例中的一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统的示意图。

[0019] 图2为本发明实施例1的LED室内布局的示意图。

## 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] 一种基于粒子滤波的MIMO室内可见光通信系统,如图1,包括发射系统,传输系统和接收系统;其特征在于所述的发射系统包括计算机、调制模块以及多个LED;所述的传输系统主要由空气组成的信道;所述的接收系统包括多个PD,信道均衡器和解调模块;计算机即PC端发出原始信号,经调制模块后,由发射系统的多个LED发射光信号,经过不同的信道被接收系统的各个PD接收;PD接收到的信号经过信道均衡器和解调模块后可得到原始信号。主要通过多个发射端LED发射一定的信号后,经过不同的信道被各个接收端接收。为了得到原始信号,需要对接收到的信号进行解调处理。

[0023] 首先,如图2,在LED布局上,调整LED间的距离,减小LED,PD间的距离以减小空间相关性。传输开始,发射端将信号源信号转换成便于光信道传输的电信号,将电信号变化调制成LED光信号。

[0024] 光信号分别通过不同信道后到达接收端。光信号经过聚光透镜,然后通过一个滤波片,将不需要的光谱滤除。进一步,PD将接收到的加入信道增益的信号转化成电信号。

[0025] 进一步,信号经过滤波放大后,利用估计出的信道对信号进行信道均衡。

[0026] 期间,采用基于粒子滤波的信道估计方法,具体过程为在发射部分LED端发射已知序列,分别经过信道后到达接收部分的PD。接收到信号后利用基于奇异值分解的最小均方误差估计(MMSE)信道估计对信道初始值进行估计。利用自回归一阶AR模型模拟可见光通信的时变信道,作为粒子滤波算法的状态方程。再利用AR模型系数对下一时刻的信道增益进行预测。接下来从LED发送检测信号进行检测。利用MIMO VLC系统中发射信号与接收信号之间的关系,即加入信道增益,作为观测方程。利用观测方程计算粒子权值,并归一化权值,利用权值对粒子进行重采样,输出估计值。即为所估计得信道。

[0027] 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。

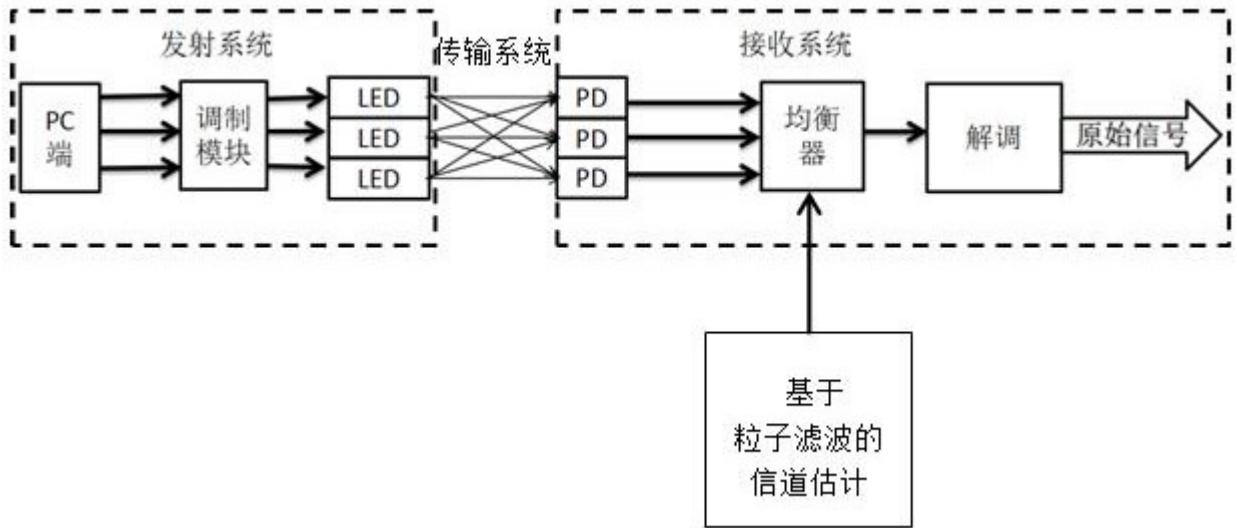


图1

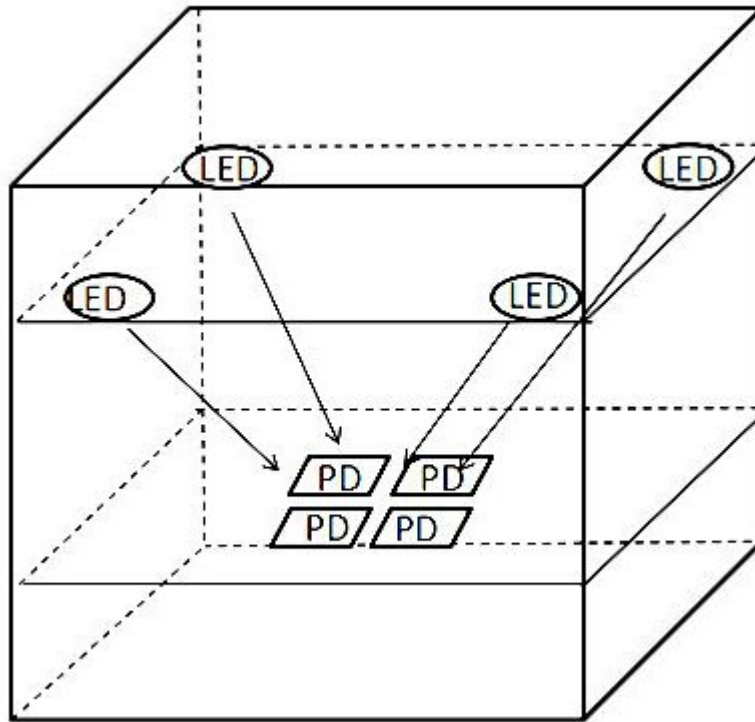


图2