



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111342896 B

(45) 授权公告日 2021.04.02

(21) 申请号 202010135681.8

G06N 3/04 (2006.01)

(22) 申请日 2020.03.02

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111342896 A

CN 110581732 A, 2019.12.17

CN 109672639 A, 2019.04.23

CN 109600335 A, 2019.04.09

(43) 申请公布日 2020.06.26

CN 108764466 A, 2018.11.06

CN 109660297 A, 2019.04.19

(73) 专利权人 深圳市南科信息科技有限公司  
地址 518000 广东省深圳市龙华区民治街  
道北站社区创业花园194-198栋1201

EP 3154232 A1, 2017.04.12

US 2016119756 A1, 2016.04.28

US 2014105607 A1, 2014.04.17

(72) 发明人 关伟鹏 伍文飞 刘满喜

Weipeng Guan等.High Speed Novel

(74) 专利代理机构 深圳市中科创为专利代理有  
限公司 44384

Hybrid Modulation Technique of Visible  
Light Communication Based on Artificial  
Neural Network Equalizer.《2018 IEEE 3rd  
Optoelectronics Global Conference (OGC)》  
.2018,全文.

代理人 彭涛 刘曰莹

审查员 张娟娟

(51) Int.Cl.

H04B 10/116 (2013.01)

H04B 10/50 (2013.01)

H04B 10/516 (2013.01)

H04B 10/60 (2013.01)

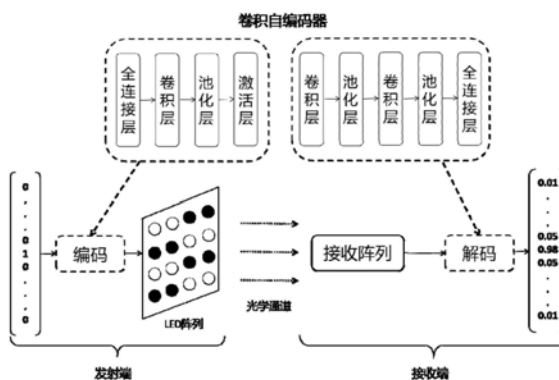
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于卷积神经网络的自编码算法

(57) 摘要

本发明公开一种基于卷积神经网络的自编码算法及其多输入多输出MIMO可见光通信系统,在发射端,将X(X为正整数)位数据用训练好的自编码器的编码模块进行编码,输出由n\*n(n为正整数)的阵列组成的数据流,所述的n\*n的阵列数据流驱动n\*n的LED阵列,发出光信号;在接收端,接收阵列接收光信号后,再通过自编码器的解码模块进行解码,还原出原始数据。其中基于卷积神经网络的自编码器采用一个信息集合训练,依次取信息集合中的X位数据输入到该光通信系统训练其中的自编码器。该MIMO可见光通信系统简单可行,误码率低,具有广阔的应用前景。



1. 一种基于卷积神经网络的自编码算法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1:在发射端,将X位待发送数据分成a组数据,为每组数据添加头部,形成a个子数据包,然后依次输入到已经训练好的自编码器的编码模块进行编码,输出a组由n\*n的阵列组成的数据流,所述的n\*n的阵列数据流驱动n\*n大小的LED阵列,发出光信号,且每组数据流连续重复发送多次以弥补数据丢失问题,其中X、a、n为正整数;

步骤S2:光信号通过空气从发射端传播到接收端;

步骤S3:在接收端,接收阵列接收光信号后,通过自编码器的解码模块进行解码,首先找出数据包的头部,然后依次还原头部后的有效数据,并按时序组合有效数据,得到原始数据;

其中,所述步骤S1包括以下步骤:

步骤S101:在发射端,将X位待发送数据分成a组数据,为每组数据添加n\*n位数据构成的头部,形成a个子数据包,其中X、a、n均为正整数;

步骤S102:编码时,一维的待编码数据首先通过全连接层映射成二维数据,然后通过卷积层和池化层转化成n\*n的阵列;

步骤S103:然后再通过激活函数  $\text{sig}_s(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$  映射成仅含有0和1元素的n\*n的

2D OOK阵列数据流;

步骤S104:阵列数据流中的0控制LED阵列中相应的LED熄灭,信号矩阵中的1控制LED阵列中相应的LED点亮,所述的LED阵列大小为n\*n。

2. 根据权利要求1所述的基于卷积神经网络的自编码算法,其特征在于,所述步骤S3包括以下步骤:

步骤S301:在接收端,由接收阵列捕捉发射端发出的光信号,传送到自编码器的解码模块;

步骤S302:解码时,首先通过卷积层和池化层提取特征,然后通过全连接层将二维数据映射成一维数据;

步骤S303:在接收到的数据中查找头部数据,然后依次还原头部后的有效数据,并按时序组合有效数据,得到原始数据。

## 基于卷积神经网络的自编码算法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信技术领域,尤其涉及一种基于卷积神经网络的自编码算法。

### 背景技术

[0002] 可见光通信技术是利用荧光灯或发光二极管等发光器件以肉眼无法识别的高频率闪烁信号来传递信息的,只需要在现有照明装置的基础上加以改造就可以实现可见光通信了。与传统的无线通信技术相比,具有信息传输速度快、建设费用低和无电磁干扰等优点,而且安全性还高,通过遮挡光线就可以实现安全通信了,可有效防止信息泄露。所以,可见光通信技术是具有广阔应用前景的下一代无线通信技术之一。

[0003] 但是,可见光通信的具体实施会出现许多问题,其中较为关键的两个问题时路径损耗和多通道间相互干扰,这两个问题如今还没有被充分的研究和解决。可将光通信中伴随着路径损耗的影响,这种损耗随着发射端和接收端之间距离的增大而增大,这种损耗还与信道质量等相关因素相关,影响因素的复杂性导致了这种损耗很难精确的估计出来,也就导致了这种损耗很难用精准的数学变换来弥补。而且当多个发光器件同时进行通信的时候由于光粒子发射方向的随机性等因素,不同的光信号之间会产生严重的干扰问题,其结果将导致误码率高的问题,最终将会影响可见光通信的正常进行。

[0004] 因此,现有技术存在缺陷,需要改进。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有技术中的上述缺陷,作为现有可见光通信系统的改进,提出一种基于卷积神经网络的自编码算法及其MIMO可见光通信系统。

[0006] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0007] 提供一种基于卷积神经网络的自编码算法,包括以下步骤:

[0008] 步骤S1:在发射端,将X位待发送数据分成a组数据,为每组数据添加头部,形成a个子数据包,然后依次输入到已经训练好的自编码器的编码模块进行编码,输出a组由n\*n的阵列组成的数据流,所述的n\*n的阵列数据流驱动n\*n大小的LED阵列,发出光信号,且每组数据流连续重复发送多次以弥补数据丢失问题,其中X、a、n为正整数;

[0009] 步骤S2:光信号通过空气从发射端传播到接收端;

[0010] 步骤S3:在接收端,接收阵列接收光信号后,通过自编码器的解码模块进行解码,首先找出数据包的头部,然后依次还原头部后的有效数据,并按时序组合有效数据,得到原始数据。

[0011] 进一步地,所述步骤S1包括以下步骤:

[0012] 步骤S101:在发射端,将X(X为正整数)位待发送数据分成a(a为正整数)组数据,为每组数据添加n\*n(n为正整数)位数据构成的头部,形成a个子数据包;

[0013] 步骤S102:编码时,一维的待编码数据首先通过全连接层映射成二维数据,然后通

过卷积层和池化层转化成 $n*n$ 的阵列；

[0014] 步骤S103:然后再通过激活函数  $sig_{\delta}(z) = \frac{1}{1 + \exp(-\delta z)}$  映射成仅含有0和1元素的 $n*n$

的2D OOK阵列数据流；

[0015] 步骤S104:阵列数据流中的0控制LED阵列中相应的LED熄灭,信号矩阵中的1控制LED阵列中相应的LED点亮,所述的LED阵列大小为 $n*n$ 。

[0016] 进一步地,所述步骤S3包括以下步骤:

[0017] 步骤S301:在接收端,由接收阵列捕捉发射端发出的光信号,传送到自编码器的解码模块;

[0018] 步骤S302:解码时,首先通过卷积层和池化层提取特征,然后通过全连接层将二维数据映射成一维数据。

[0019] 步骤S303:在接收到的数据中查找头部数据,然后依次还原头部后的有效数据,并按时序组合有效数据,得到原始数据。

[0020] 进一步地,本发明还提供一种MIMO可见光通信系统,其包括发射端以及接收端,所述发射端包括发射端计算机、电源适配器、数据线、控制器以及LED阵列,所述发射端计算机中包括编码模块,原始数据在发射端计算机中通过编码模块进行编码,再将编码后的数据传送给控制器,控制器根据此数据控制LED阵列的亮灭,生成相应的光信号;

[0021] 所述接收端包括接收阵列以及接收端计算机,所述接收端计算机包括解码模块,所述接收阵列接收光信号并输入到解码模块进行解码,所述编码模块与解码模块组成自编码器,所述自编码器由卷积网络构成,以最小化原始数据和还原数据之间的误差为目标训练该自编码器。

[0022] 进一步地,所述接收阵列为PD阵列时,所述接收端还包括运算放大器以及A/D转换模块,接收光信号后经运算放大电路放大信号,再通过A/D转换模块进行模数转换,输出阵列数据流。

[0023] 进一步地,所述接收阵列也可为图像传感器。

[0024] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0025] (1)本发明中的可见光通信系统为多输入多输出系统,通过在发射端引入每个LED可控的LED阵列,在接收端引入接收阵列,可同时传输多个数据流,与单输入单输出的可见光通信系统相比,数据传输速度更快。

[0026] (2)本发明将基于卷积神经网络的自编码器引入可见光通信系统,可以通过丰富的训练集训练自编码器,与传统的简单的编码解码相比,可以有效降低可见光通信系统的误码率,实现准确高效的可见光通信。

## 附图说明

[0027] 图1为本发明MIMO可见光通信系统示意图。

[0028] 图2为本发明发射端结构框图。

[0029] 图3为本发明接收端为PD阵列时的结构示意图。

[0030] 图4为本发明接收端为图像传感器的结构示意图。

## 具体实施方式

[0031] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将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，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

[0032] 实施例

[0033] 本实施例采用了一种基于卷积神经网络的自编码算法及其MIMO (multiple-input multiple-output) 可见光通信系统，图1为MIMO可见光通信系统的示意图。

[0034] 所述MIMO可见光通信系统包括发射端以及接收端。所述发射端包括发射端计算机、电源适配器、数据线、控制器以及LED阵列，所述发射端计算机中包括编码模块。原始数据在发射端计算机中通过编码模块进行编码，再将编码后的数据传送给控制器，控制器根据此数据控制LED阵列的亮灭，生成相应的光信号。在本实施例中，所述控制器的型号为STM32。

[0035] 所述接收端包括接收阵列以及接收端计算机，所述接收端计算机包括解码模块，所述接收阵列接收光信号并输入到解码模块进行解码。所述编码模块与解码模块组成自编码器，所述自编码器由卷积网络构成，以最小化原始数据和还原数据之间的误差为目标训练该自编码器。

[0036] 接收端中的接收阵列可以是PD阵列，也可以是图像传感器。图3为接收阵列为PD阵列时的结构示意图，图4为接收阵列为图像传感器时的结构示意图。当接收阵列选为PD阵列时，所述接收端还包括运算放大器以及A/D转换模块，接收光信号后经运算放大电路放大信号，再通过A/D转换模块进行模数转换，得到可输入自编码器的解码模块的数据矩阵。当接收阵列选为图像传感器时，通过拍摄LED阵列得到包含光信号的图像，该图像可输入到自编码器的解码模块进行解码。

[0037] 如图1所示，本发明还提供一种基于卷积神经网络的自编码算法，包括以下步骤：

[0038] 步骤S1：在发射端，将X位待发送数据分成a组数据，为每组数据添加头部，形成a个子数据包，然后依次输入到已经训练好的自编码器的编码模块进行编码，输出a组由n\*n的阵列组成的数据流，所述的n\*n的阵列数据流驱动n\*n大小的LED阵列，发出光信号，且每组数据流连续重复发送多次以弥补数据丢失问题，其中X、a、n为正整数；

[0039] 其中，所述步骤S1中的编码过程如下：

[0040] 将一维的待编码数据输入到已经训练好的自编码器的编码模块，首先通过全连接层映射成二维数据，然后通过卷积层和池化层转化成n\*n的阵列；

[0041] 再通过激活函数  $\text{sig}_s(z) = \frac{1}{1 + \exp(-z)}$  映射成仅含有0和1元素的n\*n的2D OOK阵列

数据流；

[0042] 其中，所述步骤S1中的数据流控制LED阵列的方式如下：

[0043] 采用OOK方式，阵列数据流中的0控制LED阵列中相应的LED熄灭，信号矩阵中的1控制LED阵列中相应的LED点亮；

[0044] 步骤S2：光信号通过空气从发射端传播到接收端。

[0045] 步骤S3：在接收端，接收阵列接收光信号后，通过自编码器的解码模块进行解码，

首先找出数据包的头部,然后依次还原头部后的有效数据,并按时序组合有效数据,得到原始数据。

[0046] 其中,所述步骤S3中的光信号接收过程如下:

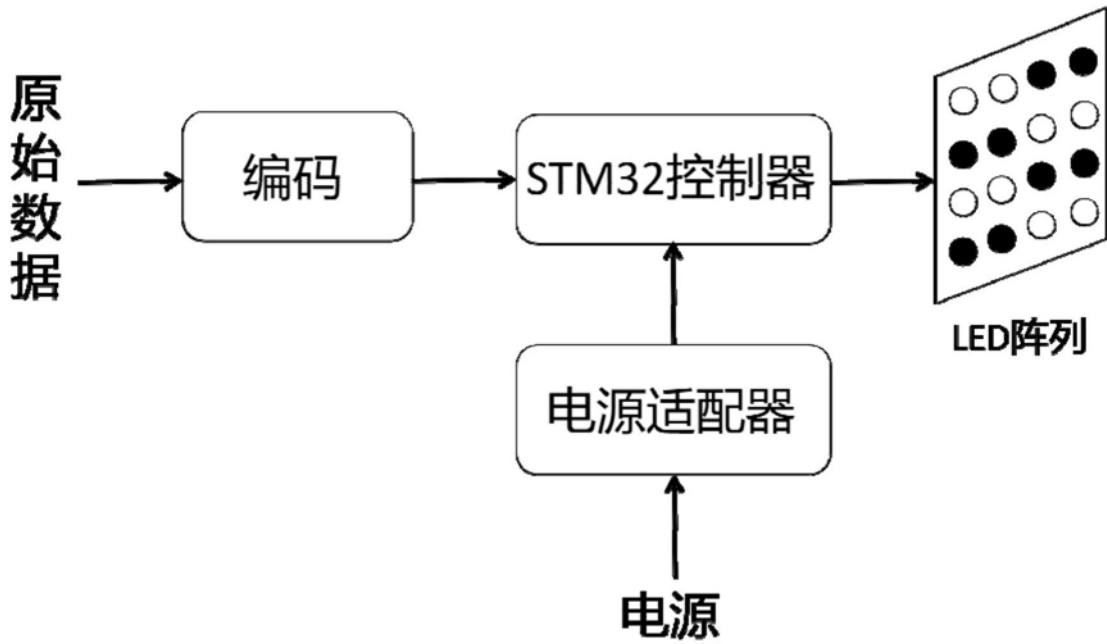
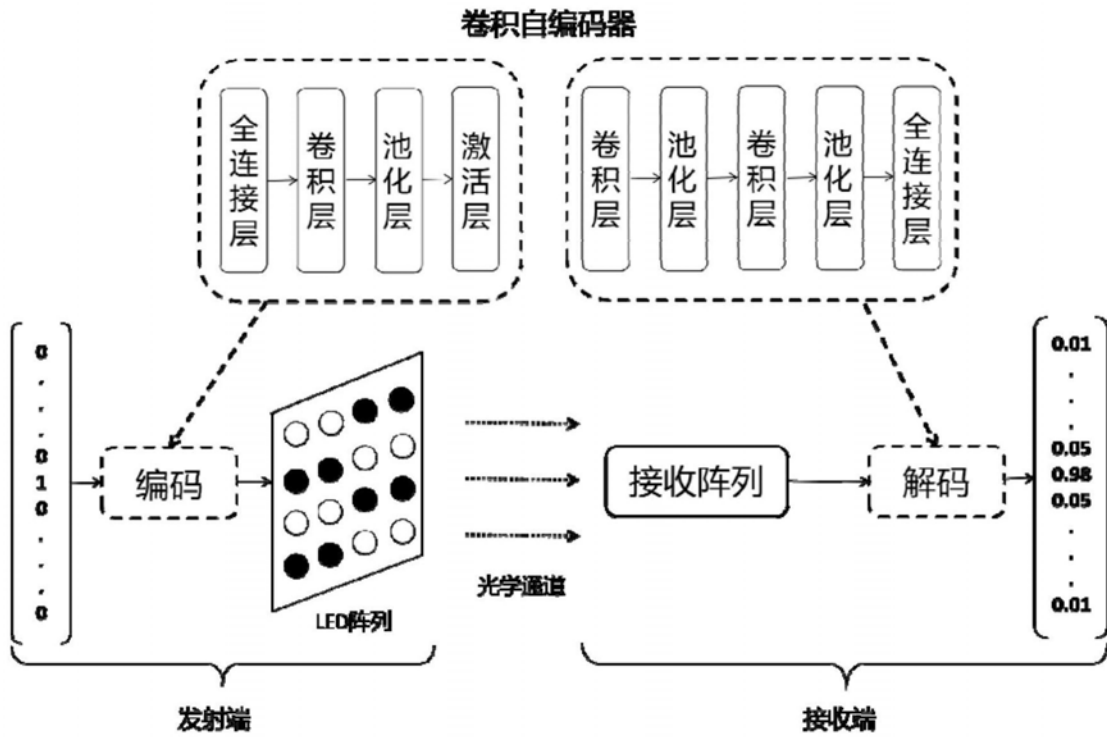
[0047] 接收阵列可以是PD阵列,也可以是图像传感器。图3为接收阵列选为PD阵列时的结构示意图,图4为接收阵列选为图像传感器时的结构示意图。当接收阵列选为PD阵列时,接收光信号后经运算放大电路放大信号,再通过A/D转换模块进行模数转换,输出阵列数据流。当接收阵列选为图像传感器时,通过拍摄LED阵列得到包含光信号的图像。

[0048] 其中,所述步骤S3中的解码过程如下:

[0049] 将上述接收阵列处理后所得的阵列数据流或图像输入到相应的已经训练好的自编码器的解码模块,首先通过卷积层和池化层提取特征,然后通过全连接层将二维数据映射成一维数据。

[0050] 综上所述,本实施例将数据编码后通过LED阵列发送,接收阵列接收后再解码以实现可见光通信,提出了一种基于卷积神经网络的自编码算法及其MIMO可见光通信系统。在发射端通过自编码器的编码模块将原始数据编码后,采用STM32控制LED阵列发出光信号,经空气传播,接收阵列接收光信号后,通过自编码器的解码模块进行解码,还原出原始数据。可以形成多输入多输出可见光通信系统,且误码率低,可实现准确的通信。本发明可应用于室内端到端通信、水下通信等场合,具有广阔的应用前景。

[0051] 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,都在本发明的保护范围之内。



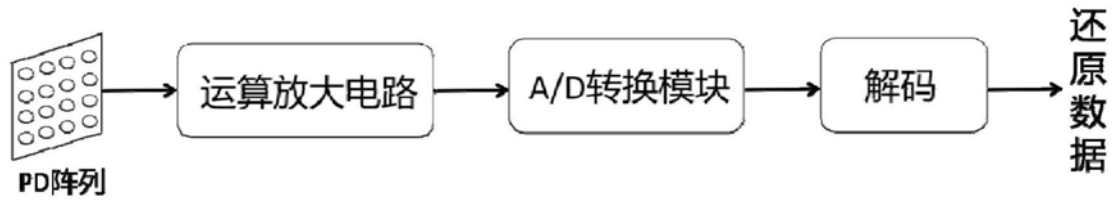


图3

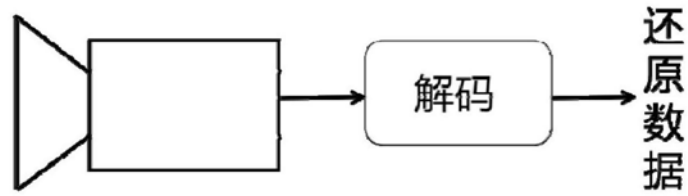


图4