

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 1 月 26 日 (26.01.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/012452 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 10/116 (2013.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/087319
- (22) 国际申请日: 2016 年 6 月 27 日 (27.06.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510425084.8 2015 年 7 月 17 日 (17.07.2015) CN
- (71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 杨昉 (YANG, Fang); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 高俊男 (GAO, Junnan); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 丁文伯 (DING, Wenbo); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 宋健 (SONG, Jian); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。
- (74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学熙源商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: VISIBLE LIGHT COMMUNICATION METHOD AND DEVICE FUSING OOK MODULATION AND OFDM MODULATION

(54) 发明名称: 融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置

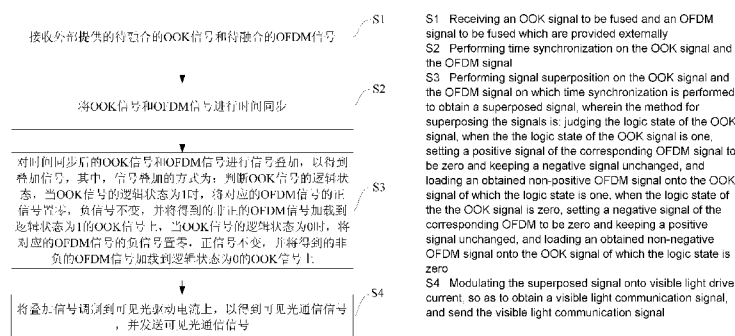


图 1

(57) Abstract: Provided are a visible light communication method and device fusing OOK modulation and OFDM modulation. The method comprises the following steps: receiving an OOK signal to be fused and an OFDM signal to be fused which are provided externally; performing time synchronization on the OOK signal and the OFDM signal; performing signal superposition on the OOK signal and the OFDM signal on which time synchronization is performed to obtain a superposed signal, wherein the method for superposing the signals is: when the OOK signal is one, setting a positive signal of the corresponding OFDM to be zero and keeping a negative signal unchanged, and loading an obtained non-positive OFDM signal onto the OOK signal which is one, when the OOK signal is zero, setting a negative signal of the corresponding OFDM signal to be zero and keeping a positive signal unchanged, and loading an obtained non-negative OFDM signal onto the OOK signal which is zero; and modulating the superposed signal onto visible light drive current, so as to obtain and send a visible light communication signal. The method of the present invention can fuse OOK modulation and OFDM modulation, support the demodulation of different types of receivers, and meanwhile can improve the transmission rate and the channel resource utilization rate.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/012452 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

本发明提出一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置,该方法包括以下步骤:接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号;将 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步;对时间同步后的 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加,以得到叠加信号,其中,信号叠加的方式为:当 OOK 信号为 1 时,将对应的 OFDM 信号的正信号置零,负信号不变,并将得到的非正的 OFDM 信号加载到为 1 的 OOK 信号上,当 OOK 信号为 0 时,将对应的 OFDM 信号的负信号置零,正信号不变,并将得到的非负的 OFDM 信号加载到为 0 的 OOK 信号上;将叠加信号调制到可见光驱动电流上,以得到可见光通信信号并发送。本发明的方法能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制,支持不同类型接收机的解调,同时能够提高传输速率与信道资源利用率。

融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置

相关申请的交叉引用

- 5 本申请要求清华大学于 2015 年 7 月 17 日提交的、发明名称为“融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置”的、中国专利申请号为“201510425084.8”的优先权。

技术领域

- 10 本发明涉及数字信号传输技术领域，特别涉及一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置。

背景技术

- 15 VLC(Visible Light Communication, 可见光通信)是一种在 LED 照明的基础上实现无线通信的技术手段，利用光源发出肉眼无法察觉的高频信号来传输信息。以其频谱宽、绿色节能、深度覆盖、可与照明有机结合的特点而具有良好的发展前景。

- 可见光通信中，常用的调制方式有 OOK (On-Off Keying, 二进制启闭键控) 调制、PPM (Pulse Position Modulation, 脉冲位置调制) 调制、DMT (Discrete Multi-Tone, 离散多音频) 调制以及 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex, 正交频分复用) 调制等。其中，OOK 调制是一种实现简单、电路设计复杂度低的调制方式，能够实现低成本低数据率调制。OFDM 调制技术具有频谱效率高、灵活多址、性能优异的优点，同时可以很好地对抗多径信道干扰，是一种高数据率调制方式。
- 20

 为了将两种调制方法融合到一起，使得在低数据率传输的同时也能支持高数据率传输。现有方法采用多层调制，利用 OOK 调制作为第一层调制，利用 OFDM 调制作为第二层调制，在接收端通过频分的方式在频域将两者分开。

- 25 然而，一方面，由于 OOK 调制深度通常比较大，在 OOK 调制的脉冲“1”上加载正的 OFDM 信号，容易使信号幅度过大，进入系统非线性区，产生截顶的现象，恶化系统性能。另一方面，现有的方法，只在 OOK 调制发送“1”信号时，传输 OFDM 信号，在 OOK 调制发送“0”信号时不发送 OFDM 信号，因而，没有充分利用信道资源。

30 发明内容

 本发明旨在至少在一定程度上解决上述相关技术中的技术问题之一。

 为此，本发明的一个目的在于提出一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方

法，该方法能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制，支持不同类型接收机的解调，同时能够提高传输速率与信道资源利用率。

本发明的第二个目的在于提供一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置。

本发明的第三个目的在于提供一种设备。

5 本发明的第四个目的在于提供一种非易失性计算机存储介质。

为了实现上述目的，本发明第一方面的实施例提出了一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，包括以下步骤：S1：接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号；S2：将所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步；S3：对时间同步后的所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断所述 OOK 信号的逻辑状态，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的所述 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的所述 OOK 信号上，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的所述 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的所述 OOK 信号上；S4：将所述叠加信号调制到可见光驱动电流上，以得到可见光通信信号，并发送所述可见光通信信号。

根据本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制，即在支持低成本低数据率调制的同时，支持频谱效率较高的 OFDM 调制，且支持不同类型接收机的解调，同时能够提高传输速率与信道资源利用率。同时，该方法能避免信号叠加时的信号幅度过高、信道资源利用率不足的问题。

20 另外，根据本发明上述实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法还可以具有如下附加的技术特征：

在一些示例中，所述待融合的 OFDM 信号只在奇数子载波上传输数据，偶数子载波置零。

在一些示例中，所述待融合的 OFDM 信号满足 Hermitian 对称结构。

25 在一些示例中，所述待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态的持续时长大于所述 OFDM 信号帧时长。

在一些示例中，所述待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态的持续时长为所述 OFDM 信号帧时长的整数倍。

30 在一些示例中，所述步骤 S2 中的时间同步具体包括：当所述 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟不同步时，利用电力线上的 50Hz 或 60Hz 工频信号进行同步。

在一些示例中，所述步骤 S2 中的时间同步，进一步包括：当所述 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟同步时，执行所述步骤 S3。

在一些示例中，在所述步骤 S3 中，所述 OFDM 信号的最大幅度小于或等于所述 OOK 信号的幅度。

在一些示例中，所述可见光通信信号的最小信号幅度为 0，最大信号幅度为 LED 最大线性工作电流。

5 为了实现上述目的，本发明第二方面的实施例还提供了一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置，包括：信号接收模块，用于接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号；信号同步模块，用于将所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步；信号融合模块，对时间同步后的所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断所述 OOK 信号的逻辑状态，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的所述 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的所述 OOK 信号上，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的所述 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的所述 OOK 信号上；信号发送模块，用于将所述叠加信号调制到可见光驱动电流上，以得到可见光通信信号，并发送所述可见光通信信号。

15 根据本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置，能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制，即在支持低成本低数据率调制的同时，支持频谱效率较高的 OFDM 调制，且支持不同类型接收机的解调，同时能够提高传输速率与信道资源利用率。同时，该装置能避免信号叠加时的信号幅度过高、信道资源利用率不足的问题。

20 为了实现上述目的，本发明第三方面的实施例还提供了一种设备，包括：一个或者多个处理器；存储器；一个或者多个程序，所述一个或者多个程序存储在所述存储器中，当被所述一个或者多个处理器执行时，执行本发明上述实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法。

25 为了实现上述目的，本发明第四方面的实施例的还提供一种非易失性计算机存储介质，所述计算机存储介质存储有一个或者多个程序，当所述一个或者多个程序被一个设备执行时，使得所述设备执行本发明上述实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法。

本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

30 附图说明

本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 是根据本发明一个实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法的流程图；

图 2 是根据本发明一个实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法中的待融合信号示意图；

5 图 3 是根据本发明一个实施例融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法中的信号融合示意图；以及

图 4 是根据本发明一个实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置的结构框图。

10 具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

15 以下结合附图描述根据本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法及装置。

图 1 是根据本发明一个实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法的流程图。如图 1 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 S1：接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号，例如图 2 所示。其中，在本发明的一个实施例中，待融合的 OFDM 信号只在奇数子载波上传输数据，偶数子载波置零。并且，待融合的 OFDM 信号满足 Hermitian 对称结构。进一步地，在一些示例中，待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态（如 0 或 1）的持续时长大于 OFDM 信号帧时长。更为具体地，待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态（如 0 或 1）的持续时长为 OFDM 信号帧时长的整数倍。

25 步骤 S2：将 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步。在本发明的一个实施例中，在该步骤 S2 中，具体包括：当 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟不同步时，利用电力线上的 50Hz 或 60Hz 工频信号进行同步。进一步地，当 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟同步时，执行步骤 S3。

步骤 S3：对时间同步后的 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断 OOK 信号的逻辑状态，OOK 信号的逻辑状态例如包括 0 和 1，当 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的 OOK 信号上，当 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM

信号加载到逻辑状态为 0 的 OOK 信号上，例如图 3 所示。

步骤 S4：将叠加信号调制到可见光驱动电流上，以得到可见光通信信号，并发送可见光通信信号。其中，在本发明的一个实施例中，例如，得到的可见光通信信号的最小信号幅度为 0，最大信号幅度为 LED 最大线性工作电流。

5 为了便于理解，以下结合附图和具体的实施例 1 和实施例 2，对本发明上述实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法进行进一步详细地描述。

实施例 1

在本实施例中，本发明的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法包括以下步骤：

10 步骤 1：接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号，具体包括：

接收的待融合的 OOK 信号为二进制脉冲序列，其中有脉冲为“1”，无脉冲为“0”，幅度为 1，可以表示为 $s_1[n] = \sum_k a_k \cdot g[n - kN_1]$ 。该式中， a_k 为二进制码元序列，取值为 1 或者 0；

N_1 为 OOK 信号的逻辑状态（例如为 0 或 1）的长度； $g[n]$ 为矩形窗序列； k 代表第几个逻辑状态。

15 接收的待融合的 OFDM 信号，具体包括：数据经过 16QAM 星座映射后得到星座映射符号，构成 Hermitian 对称结构后，只在奇数子载波上传输数据，偶数子载波置零，串并转换后，进行 IFF 变换得到时域信号，并且 OFDM 信号的幅度小于 1。采用 CP-OFDM 作为

调制技术，待融合的 OFDM 信号可以表示为 $s_2[n] = \sum_k \sum_{n=1}^{N_2} x[n - kN_2]$ ，式中 $N_2 = 288$ 为 OFDM

信号帧长度，其中子载波数为 256，循环前缀长度为 32； $x[n]$ 为 OFDM 时域信号， k 代表

20 第几帧。

其中，OOK 信号的逻辑状态的长度 N_1 为 OFDM 信号帧长度 N_2 的 2 倍，即

$$N_1 = 2N_2 = 576。$$

步骤 2：将 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步，具体包括：

OOK 信号 $s_1[n]$ 和 OFDM 信号 $s_2[n]$ 来源时钟不同步，利用电力线上的 50Hz 工频信号

25 进行同步。

步骤 3：对时间同步后的 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断 OOK 信号的逻辑状态，当 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的 OOK 信号上，当 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的 OFDM 信号的

负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的 OOK 信号上，具体为：

OOK 信号为 $s_1[n]$ ，OFDM 信号为 $s_2[n]$ ，叠加信号为 $s[n]$ 。

当 OOK 信号 $s_1[n]=1$ ，对 OFDM 信号 $s_2[n]$ 进行如下操作：

$$\hat{s}_2[n] = \begin{cases} s_2[n] & s_2[n] \leq 0 \\ 0 & s_2[n] > 0 \end{cases},$$

当 OOK 信号 $s_1[n]=0$ ，对 OFDM 信号进行如下操作：

$$\hat{s}_2[n] = \begin{cases} 0 & s_2[n] \leq 0 \\ s_2[n] & s_2[n] > 0 \end{cases},$$

其中，叠加信号 $s[n]$ 满足 $s[n] = s_1[n] + \hat{s}_2[n]$ 。

步骤 4：将叠加信号调制到可见光驱动电流上，得到可见光通信信号后发送该可见光通信信号。其中，可见光通信信号的最小信号幅度为 0，其最大信号幅度为 LED 最大线性工作电流，本实施例中为 1。

实施例 2

在本实施例中，本发明的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法包括以下步骤：

步骤 1：接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号，具体包括：

接收的待融合的 OOK 信号为二进制脉冲序列，其中有脉冲为“1”，无脉冲为“0”，幅度为 1，可以表示为 $s_1[n] = \sum_k a_k \cdot g[n - kN_1]$ 。该式中， a_k 为二进制码元序列，取值为 1 或者 0；

N_1 为 OOK 信号的逻辑状态的长度； $g[n]$ 为矩形窗序列； k 代表第几个逻辑状态。

接收的待融合的 OFDM 信号，具体包括：数据经过 64QAM 星座映射后得到星座映射符号，构成 Hermitian 对称结构后，只在奇数子载波上传输数据，偶数子载波置零，串并转换后，进行 IFF 变换得到时域信号，并且 OFDM 信号的幅度小于 1。采用 TDS-OFDM 作为调制技术，待融合的 OFDM 信号可以表示为 $s_2[n] = \sum_k \sum_{n=1}^{N_2} x[n - kN_2]$ ，式中 $N_2 = 543$ 为 OFDM 信号帧长度，其中子载波数为 512，训练序列长度为 31； $x[n]$ 为 OFDM 时域信号， k 代表第几帧。

其中，OOK 信号的逻辑状态的长度 N_1 与 OFDM 信号帧长度 N_2 相等，即 $N_1 = N_2 = 543$ 。

步骤 2：将 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步，具体包括：

OOK 信号 $s_1[n]$ 和 OFDM 信号 $s_2[n]$ 来源时钟同步，直接进行信号融合。

步骤 3：对时间同步后的 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断 OOK 信号的逻辑状态，当 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的 OOK 信号上，当 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的 OOK 信号上，具体为：

OOK 信号为 $s_1[n]$ ，OFDM 信号为 $s_2[n]$ ，叠加信号为 $s[n]$ 。

当 OOK 信号 $s_1[n]=1$ ，对 OFDM 信号 $s_2[n]$ 进行如下操作：

$$\hat{s}_2[n] = \begin{cases} s_2[n] & s_2[n] \leq 0 \\ 0 & s_2[n] > 0 \end{cases},$$

当 OOK 信号 $s_1[n]=0$ ，对 OFDM 信号进行如下操作：

$$\hat{s}_2[n] = \begin{cases} 0 & s_2[n] \leq 0 \\ s_2[n] & s_2[n] > 0 \end{cases},$$

其中，叠加信号 $s[n]$ 满足 $s[n] = s_1[n] + \hat{s}_2[n]$ 。

步骤 4：将叠加信号调制到可见光驱动电流上，得到可见光通信信号后发送，其中，可见光调制信号的最小信号幅度为 0，其最大信号幅度为 LED 最大线性工作电流，本实施例中为 1。

综上，根据本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制，即在支持低成本低数据率调制的同时，支持频谱效率较高的 OFDM 调制，且支持不同类型接收机的解调，同时能够提高传输速率与信道资源利用率。

同时，该方法能避免信号叠加时的信号幅度过高、信道资源利用率不足的问题。

本发明的进一步实施例还提供了一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置。

图 4 是根据本发明一个实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置的结构框图。如图 4 所示，该装置 400 包括：信号接收模块 410、信号同步模块 420、信号融合模块 430 和信号发送模块 440。

其中，信号接收模块 410 用于接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号。信号同步模块 420 用于将 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步。信号融合模块 430 对时间同步后的 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，其中，信号叠加的方式为：判断 OOK 信号的逻辑状态，OOK 信号的逻辑状态例如包括 0 和 1。当 OOK

信号的逻辑状态为 1 时，将对应的 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的 OOK 信号上，当 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应的 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的 OOK 信号上。信号发送模块 440 用于将叠加信号调制到可见光驱动电流上，以得到可见光通信信号，并发送可见光通信信号。

需要说明的是，本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置 400 的具体实现方式与本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法的具体实现方式类似，因此对于其具体地示例性描述请参见方法部分的描述，为了减少冗余，此处不再赘述。

综上，根据本发明实施例的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置，能够融合 OOK 调制和 OFDM 调制，即在支持低成本低数据率调制的同时，支持频谱效率较高的 OFDM 调制，且支持不同类型接收机的解调，同时能够提高传输速率与信道资源利用率。同时，该装置能避免信号叠加时的信号幅度过高、信道资源利用率不足的问题。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号；

5 S2：将所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步；

S3：对时间同步后的所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加，以得到叠加信号，

其中，信号叠加的方式为：判断所述 OOK 信号的逻辑状态，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 1 时，将对应的 OFDM 信号的正信号置零，负信号不变，并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的所述 OOK 信号上，当所述 OOK 信号的逻辑状态为 0 时，将对应
10 的所述 OFDM 信号的负信号置零，正信号不变，并将得到的非负的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 0 的所述 OOK 信号上；

S4：将所述叠加信号调制到可见光驱动电流上，以得到可见光通信信号，并发送所述可见光通信信号。

2、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述待融合的 OFDM 信号只在奇数子载波上传输数据，偶数子载波置零。
15

3、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述待融合的 OFDM 信号满足 Hermitian 对称结构。

4、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态的持续时长大于所述 OFDM 信号帧时长。

5、根据权利要求 1 或 4 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述待融合的 OOK 信号的单个逻辑状态的持续时长为所述 OFDM 信号帧时长的
20 整数倍。

6、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述步骤 S2 中的时间同步具体包括：

25 当所述 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟不同步时，利用电力线上的 50Hz 或 60Hz 工频信号进行同步。

7、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，所述步骤 S2 中的时间同步，进一步包括：

当所述 OOK 信号和 OFDM 信号来源时钟同步时，执行所述步骤 S3。

8、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在于，在所述步骤 S3 中，所述 OFDM 信号的最大幅度小于或等于所述 OOK 信号的幅度。
30

9、根据权利要求 1 所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法，其特征在

于, 所述可见光通信信号的最小信号幅度为 0, 最大信号幅度为 LED 最大线性工作电流。

10、一种融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信装置, 其特征在于, 包括:

信号接收模块, 用于接收外部提供的待融合的 OOK 信号和待融合的 OFDM 信号;

信号同步模块, 用于将所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行时间同步;

5 信号融合模块, 对时间同步后的所述 OOK 信号和 OFDM 信号进行信号叠加, 以得到叠加信号, 其中, 信号叠加的方式为: 判断所述 OOK 信号的逻辑状态, 当所述 OOK 信号的逻辑状态为 1 时, 将对应的所述 OFDM 信号的正信号置零, 负信号不变, 并将得到的非正的 OFDM 信号加载到逻辑状态为 1 的所述 OOK 信号上, 当所述 OOK 信号的逻辑状态为 0 时, 将对应的所述 OFDM 信号的负信号置零, 正信号不变, 并将得到的非负的 OFDM
10 信号加载到逻辑状态为 0 的所述 OOK 信号上;

信号发送模块, 用于将所述叠加信号调制到可见光驱动电流上, 以得到可见光通信信号, 并发送所述可见光通信信号。

11、一种设备, 其特征在于, 包括:

一个或者多个处理器;

15 存储器;

一个或者多个程序, 所述一个或者多个程序存储在所述存储器中, 当被所述一个或者多个处理器执行时, 执行如权利要求 1-9 任一项所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法。

12、一种非易失性计算机存储介质, 其特征在于, 所述计算机存储介质存储有一个或者
20 多个程序, 当所述一个或者多个程序被一个设备执行时, 使得所述设备执行如权利要求 1-9 任一项所述的融合 OOK 调制和 OFDM 调制的可见光通信方法。

附图

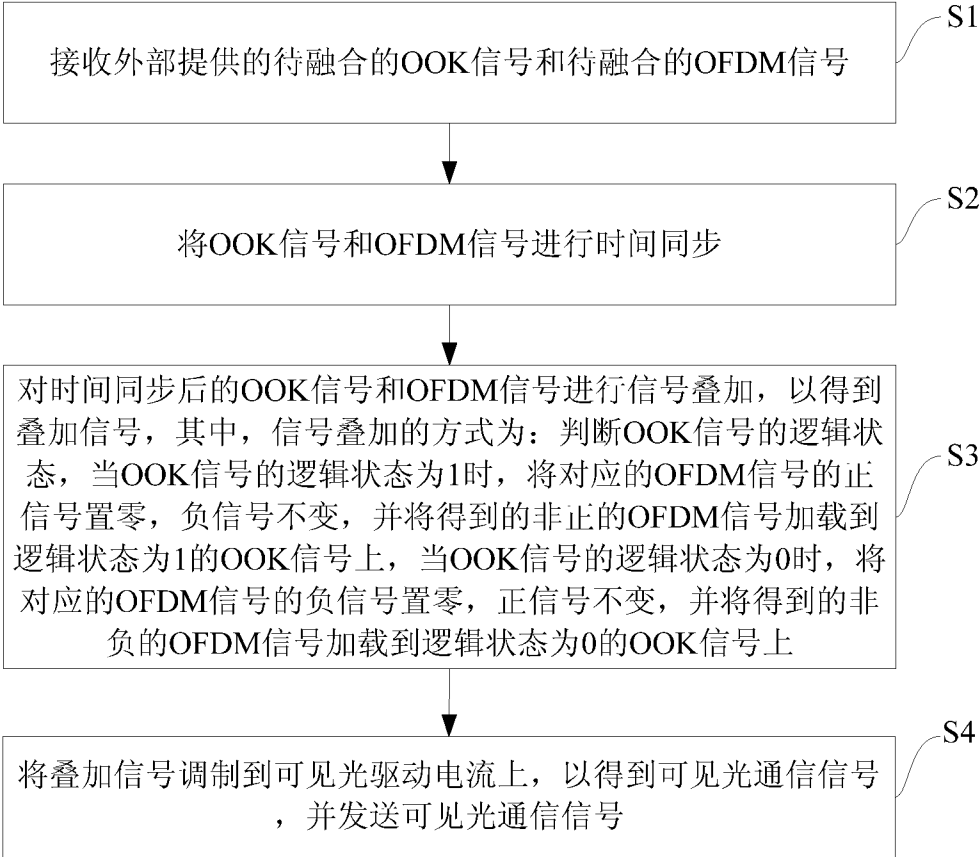


图 1

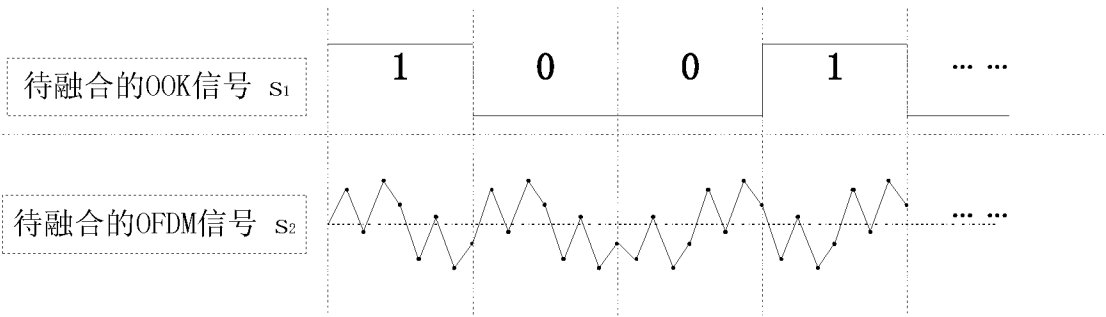


图 2

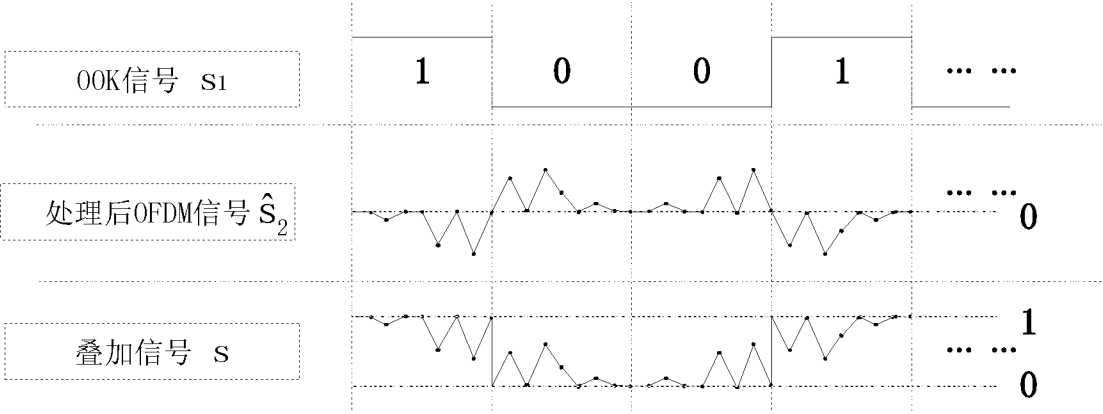


图 3

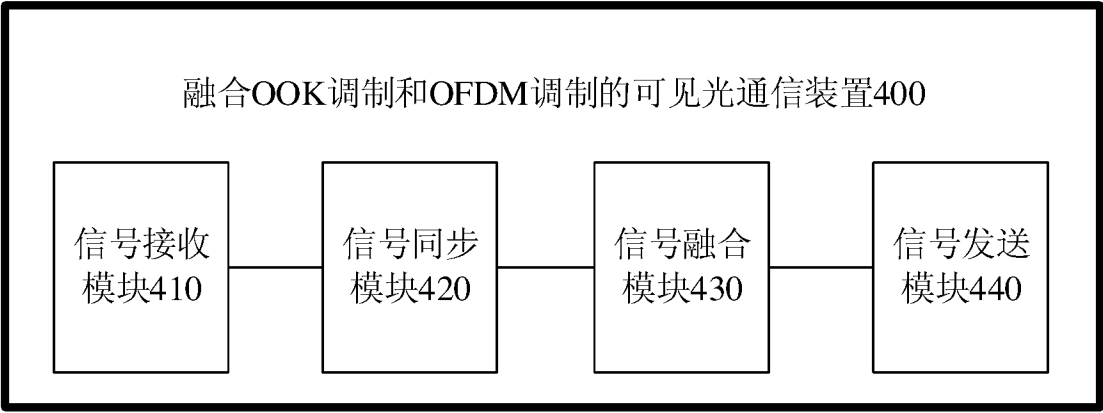


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/087319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 10/116 (2013.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B; H04J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS, CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, IEEE: orthogonal frequency division multiplexing, orthogonal frequency multiplexing, orthogonal frequency modulation, binary on-off keying, OFDM, modulation, OOK, On-Off Keying, pulse, amplitude, visible w light

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105024754 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 04 November 2015 (04.11.2015), the whole document	1-12
A	CN 101710890 A (EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 19 May 2010 (19.05.2010), the whole document	1-12
A	CN 104378159 A (THE PLA INFORMATION ENGINEERING UNIVERSITY), 25 February 2015 (25.02.2015), the whole document	1-12
A	US 2013266314 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE), 10 October 2013 (10.10.2013), the whole document	1-12
A	WANG, Ping; "OOK-OFDM Hybrid Modulation and Channel Coding of Visible Light Communication", MASTER'S DISSERTATION OF EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 31 December 2012 (31.12.2012), pages 14-31	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 08 September 2016 (08.09.2016)	Date of mailing of the international search report 19 September 2016 (19.09.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Wei Telephone No.: (86-10) 62089544

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/087319

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105024754 A	04 November 2015	None	
CN 101710890 A	19 May 2010	CN 101710890 B	02 January 2013
CN 104378159 A	25 February 2015	None	
US 2013266314 A1	10 October 2013	KR 20130116483 A	24 October 2013
		US 9407370 B2	02 August 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/087319

A. 主题的分类

H04B 10/116(2013.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04B; H04J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CPRSABS, CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, IEEE: 正交频分复用, 正交频率复用, 正交频率调制, 调制, 幅度, 脉冲, 二进制启闭键控, 可见光, OFDM, modulation, OOK, On-Off Keying, pulse, amplitude, visible w light

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105024754 A (清华大学) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 全文	1-12
A	CN 101710890 A (华东理工大学) 2010年 5月 19日 (2010 - 05 - 19) 全文	1-12
A	CN 104378159 A (中国人民解放军信息工程大学) 2015年 2月 25日 (2015 - 02 - 25) 全文	1-12
A	US 2013266314 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 2013年 10月 10日 (2013 - 10 - 10) 全文	1-12
A	王平. "OOK-OFDM双重调制可见光通信系统的信道编码技术研究" 华东理工大学硕士论文, 2012年 12月 31日 (2012 - 12 - 31), 第14-31页	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 9月 8日

国际检索报告邮寄日期

2016年 9月 19日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李微

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62089544

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/087319

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105024754	A	2015年 11月 4日	无			
CN	101710890	A	2010年 5月 19日	CN	101710890	B	2013年 1月 2日
CN	104378159	A	2015年 2月 25日	无			
US	2013266314	A1	2013年 10月 10日	KR	20130116483	A	2013年 10月 24日
				US	9407370	B2	2016年 8月 2日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)