



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114902583 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 12

(21) 申请号 202180009056.1

(22) 申请日 2021.01.08

(30) 优先权数据

20151370.2 2020.01.13 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.07.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/050271 2021.01.08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/144202 EN 2021.07.22

(71) 申请人 昕诺飞控股有限公司

地址 荷兰埃因霍温

(72) 发明人 M·温特 K·阿鲁兰度

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 江鹏飞 陈岚

(51) Int.Cl.

H04B 10/114 (2006.01)

H04B 10/116 (2006.01)

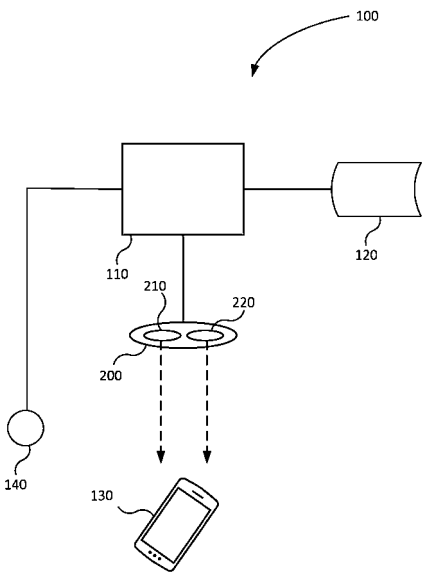
权利要求书2页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

LiFi功率管理

(57) 摘要

提供了一种供在LiFi系统(100)中使用的节点(200),以向终端设备(130)提供LiFi信号。节点(200)包括用于发射调制可见光和非调制可见光以提供照明的可见光源(220),以及用于发射调制红外光的红外光源(210)。节点(200)被配置为经由红外光源(210)以第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述终端设备(130)接收。响应于接收到提供照明的输入,节点(200)打开可见光源(220)以提供所述照明,并通过以下方式自动将LiFi信号的输出从红外光源(210)传送到可见光源(220):经由可见光源(220)以所述第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述终端设备(130)接收;以及关闭红外光源(210)。



1. 一种供在LiFi系统(100)中使用的节点(200),用于向至少一个终端设备(130)提供LiFi信号,所述节点(200)包括:

用于发射调制可见光和非调制可见光以提供照明的可见光源(220);和

用于发射调制红外光的红外光源(210);

其中所述节点(200)被配置成:

经由所述红外光源(210)以第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述至少一个终端设备(130)接收;并且

其中所述节点被配置为响应于接收到提供照明的输入,当经由所述红外光源(210)传输LiFi信号时,打开所述可见光源(220)以提供所述照明,并且通过以下方式自动将LiFi信号的输出从所述红外光源(210)传送到所述可见光源(220):

经由所述可见光源(220)以所述第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述至少一个终端设备(130)接收;

经由所述红外光源(210)和所述可见光源(220)中的至少一个输出指示,指示LiFi信号的输出将被传送到所述可见光源(220);以及

关闭所述红外光源(210)。

2. 根据权利要求1所述的节点(200),其中LiFi信号的所述输出的自动传送包括在经由所述可见光源以所述第一个或多个频率输出LiFi信号之前使用所述红外光源(210)输出所述指示,并关闭所述红外光源(210)。

3. 根据权利要求1或2所述的节点(200),其中LiFi信号的所述输出的自动传送包括在关闭所述红外光源(210)之前,经由所述红外光源(210)和所述可见光源(220)两者输出所述指示。

4. 根据权利要求1、2或3所述的节点(200),其中所述节点(200)被配置为响应于接收到对高速LiFi信号的请求,经由所述红外光源(210)以第二个或多个频率输出所述高速LiFi信号,所述第二个或多个频率包括高于所述第一个或多个频率的一个或多个频率。

5. 根据权利要求4所述的节点(200),其中所述可见光源(220)具有最大调制频率,所述第一个或多个频率低于所述最大调制频率,并且所述第二个或多个频率高于所述最大调制频率。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的节点(200),其中所述可见光源(220)包括具有磷光体涂层的白色LED。

7. 一种系统(100),包括多个根据权利要求1至6中任一项所述的节点(200)。

8. 根据权利要求7所述的系统(100),包括用户可操作的开关,所述用户可操作的开关被构造和布置为响应于用户的操作而生成所述输入以供所述多个节点中的一个或多个使用。

9. 根据权利要求7或权利要求8所述的系统(100),包括存在传感器(140),所述存在传感器被构造和布置成响应于检测到用户的存在而生成所述输入以供所述多个节点中的一个或多个使用。

10. 根据权利要求7至9中任一项所述的系统(100),其中每个节点(200)被配置成经由相应的可见光源(220)以第一个或多个频率输出相同的LiFi信号。

11. 根据权利要求7至10中任一项所述的系统(100), 包括控制器, 所述控制器被配置为:

确定至少一个节点(200)在终端设备(130)的范围内;

控制所确定的至少一个节点(200)输出LiFi信号。

12. 根据权利要求11所述的系统(100), 其中所述控制器被配置为关闭除了所确定的至少一个节点(200)之外的所有节点(200)。

13. 根据权利要求11或权利要求12所述的系统(100), 其中控制所确定的至少一个节点(200)包括控制所确定的至少一个节点(200)使用所述红外光源(210)输出LiFi信号。

14. 一种由LiFi系统(100)的节点(200)输出LiFi信号的方法, 所述方法包括:

经由红外光源(210)以第一个或多个频率输出LiFi信号, 用于由至少一个终端设备(130)接收;

经由红外光源(210)和可见光源(220)中的至少一个输出指示, 指示LiFi信号的输出将被传送到可见光源(220); 以及

其中所述节点响应于接收到提供照明的输入, 当经由红外光源(210)传输LiFi信号时, 打开可见光源(220)以提供所述照明, 并且通过以下方式自动将LiFi信号的输出从红外光源(210)传送到可见光源(220):

经由可见光源(220)以所述第一个或多个频率输出LiFi信号, 用于由所述至少一个终端设备(130)接收; 以及

关闭红外光源(210)。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中LiFi信号的所述输出的自动传送包括: 经由红外光源(210)输出LiFi信号的输出将被传送到可见光源(220)的指示。

LiFi功率管理

技术领域

[0001] 本公开涉及一种供在LiFi系统中使用的节点。

背景技术

[0002] 光保真 (LiFi) 指的是信息以嵌入在由光源发射的光 (包括例如可见光或红外光) 中的信号的形式进行通信的技术。通过调制光的特性来嵌入信号, 示例包括调制光的强度 (幅度调制、频率调制等)、调制光的波长 (相移调制等)。在特定的示例中, 电调制的波长在 3-300 米的范围内。应用于信号的相移可以在几纳米的量级上。

[0003] 美国专利申请US2009/0297167 A1公开了一种照明光通信设备, 当主照明功能关闭时, 该照明光通信设备允许使用照明光和/或红外光进行通信。

发明内容

[0004] 根据本文公开的第一方面, 提供了一种供在LiFi系统中使用的节点, 用于向至少一个终端设备提供LiFi信号, 该节点包括: 用于发射调制可见光和非调制可见光以提供照明的可见光源; 和用于发射调制红外光的红外光源; 其中该节点被配置为: 经由红外光源以第一个或多个频率输出LiFi信号, 用于由所述至少一个终端设备接收; 并且其中该节点被配置为响应于接收到提供照明的输入, 当经由红外光源传输LiFi信号时, 打开可见光源以提供所述照明, 并且通过以下方式自动将LiFi信号的输出从红外光源传送到可见光源: 经由可见光源以所述第一个或多个频率输出LiFi信号, 用于由所述至少一个终端设备接收; 经由红外光源和可见光源中的至少一个输出指示, 指示LiFi信号的输出将被传送到可见光源; 以及关闭红外光源。

[0005] 在示例中, LiFi信号的所述输出的自动传送包括: 经由红外光源输出LiFi信号的输出将被传送到可见光源的指示。借助于该指示, 通信伙伴 (这里是至少一个终端设备) 被告知从红外光源切换到可见光源的意图。与此一致, 至少一个终端设备可以准备继续接收它可能从可见光源接收的LiFi信号。

[0006] 与终端设备的通信通常将是双向的。尽管下行链路信号使用可见光以及红外光通常不引起反对, 但上行链路业务 (traffic) 将通常在红外光谱中。基本原理是这是有益的, 因为用于上行链路的光然后将不造成由终端设备中的可见光源导致的“光污染”。当本发明提出改变时, 下行链路、至少一个终端设备可以容易地确认指示的接收。

[0007] 在示例中, LiFi信号的所述输出的自动传送包括在经由可见光源以所述第一个或多个频率输出LiFi信号之前使用红外光源输出指示, 并关闭红外光源。以这种方式, LiFi信号所针对的至少一个终端能够准备切换。通过使用红外信号, 该指示可以与——除其他之外——去往至少一个终端设备的其他信息交织。优选地, 当完全同步是合期望的时, 节点可以关闭红外信号进行等待, 直到确认接收到来自终端的指示之后, 以该方式可以进一步简化到可见光通信的转换。

[0008] 在示例中, LiFi信号的所述输出的自动传送附加地或替代地包括: 经由可见光源

输出LiFi信号的输出将被传送到可见光源的指示。如果通过简化的唤醒信号(其可以使用比LiFi信号更简单的调制)来提供指示,则这是特别有用的,该唤醒信号可以被至少一个终端设备的可见光接收器接收、并且触发到基于可见光的通信的切换。

[0009] 在上述的有利变体中,LiFi信号的所述输出的自动传送包括在关闭红外光源之前,经由红外光源和可见光源两者临时输出LiFi信号。这有助于通过允许临时并行传输来降低由于切换而导致的数据丢失的可能性。这里的临时可以是例如允许无数据丢失的安全转换的预定时间段,或者更替代地,直到已经使用可见光通信链路成功传达了消息(这可以例如从来自至少一个终端设备的信息接收确认的接收中推断出)。在一个示例中,节点的并行传输允许终端设备以渐进的方式将输入切换到调制器。例如,在固定的时段期间,渐进地从其红外光电探测器的输出传送到其可见光光电探测器的输出。以这种方式,最小化其与节点的连接中的分组丢失的风险可以是可能的。

[0010] 在示例中,该节点被配置成响应于接收到对高速LiFi信号请求,经由红外光源以第二个或多个频率输出高速LiFi信号,第二个或多个频率包括比第一个或多个频率更高的一个或多个频率。

[0011] 在示例中,可见光源具有最大调制频率,第一个或多个频率低于最大调制频率,并且第二个或多个频率高于最大调制频率。

[0012] 在示例中,可见光源包括具有磷光体涂层的白色LED。

[0013] 在示例中,可见光源包括串联布置的多个LED。

[0014] 根据本文公开的第二方面,提供了一种包括根据第一方面或其任何示例的多个节点的系统。

[0015] 在示例中,该系统包括用户可操作的开关,该用户可操作的开关被构造和布置成响应于用户的操作而生成所述输入以供多个节点中的一个或多个使用。

[0016] 在示例中,该系统包括存在传感器,该存在传感器被构造和布置成响应于检测到用户的存在而生成所述输入以供多个节点中的一个或多个使用。

[0017] 在示例中,每个节点被配置成经由相应的可见光源以第一个或多个频率输出相同的LiFi信号。

[0018] 在示例中,该系统包括控制器,该控制器被配置成:确定至少一个节点在终端设备的范围内;控制所确定的至少一个节点输出LiFi信号。

[0019] 在示例中,控制器被配置为控制除了所确定的至少一个节点之外的所有节点不输出LiFi信号。

[0020] 在示例中,控制器被配置为关闭除了所确定的至少一个节点之外的所有节点。

[0021] 在示例中,控制所确定的至少一个节点包括控制所确定的至少一个节点使用红外光源输出LiFi信号。

[0022] 根据本文公开的第三方面,提供了一种由LiFi系统的节点输出LiFi信号的方法,该方法包括:经由红外光源以第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由至少一个终端设备接收;以及响应于接收到提供照明的输入,打开可见光源以提供所述照明,并且通过以下方式自动将LiFi信号的输出从红外光源传送到可见光源:经由可见光源以所述第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述至少一个终端设备接收;以及关闭红外光源。

[0023] 在示例中,LiFi信号的所述输出的自动传送包括:经由红外光源输出LiFi信号的

输出将被传送到可见光源的指示。

[0024] 在示例中,提供了一种供在LiFi系统中使用的节点,该节点包括:用于发射调制可见光的可见光源;用于发射调制红外光的红外光源;以及控制器,用于控制可见光源和红外光源;其中控制器被配置为:控制红外光源通过发射以一个或多个第一频率调制的红外光来输出LiFi信号;以及响应于接收到打开可见光源的命令,通过控制可见光源发射以一个或多个第一频率调制的可见光并关闭红外光源来输出LiFi信号,从而自动将LiFi信号的输出从红外光源传送到可见光源。

[0025] 根据本文公开的第四方面,提供了一种计算机程序或计算机程序产品,其包括指令,所述指令被配置为当由一个或多个处理单元执行时执行由LiFi系统的节点输出LiFi信号的方法,所述方法包括:经由红外光源以第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由至少一个终端设备接收;以及响应于接收到提供照明的输入,打开可见光源以提供所述照明,并且通过以下方式自动将LiFi信号的输出从红外光源传送到可见光源:经由可见光源以所述第一个或多个频率输出LiFi信号,用于由所述至少一个终端设备接收;以及关闭红外光源。

附图说明

[0026] 为了帮助理解本公开并示出可以如何实施实施例,以示例的方式对所附附图进行参考,在附图中:

图1示意性地示出了LiFi系统的第一示例;

图2示意性地示出了LiFi系统的第二示例;

图3示意性地示出了供在LiFi系统中使用的第一示例节点;以及

图4示意性地示出了供在LiFi系统中使用的第二示例节点。

具体实施方式

[0027] 本文描述的示例涉及光保真(LiFi)系统。LiFi指的是这样的技术,其中信息以嵌入在由光源发射的并由光检测器接收的光(包括例如可见光或红外光)中的信号的形式进行通信。包括用于针对传输LiFi信号的目的而输出调制光的光源的设备可以被称为LiFi节点,或简称为“节点”。

[0028] 根据各种合适的调制技术中的任何一种,通过调制光的特性——典型地,调制光的强度,但是替代地或附加地,调制光的频率或相位——来嵌入信号。信道接入方案——诸如例如时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)、码分多址(CDMA)等——可以用于在连接到LiFi网络的多个设备之间共享可用信道。

[0029] 由节点传输的信号包括被编码成调制光的比特或符号序列。信号的数据速率(比特率、符号率等)取决于调制的频率以及其他因素(诸如信噪比(SNR)和带宽)。因此,如果用于输出信号的光源被限制在最大频率,那么从该光源输出的信号的数据速率将类似地受到限制。例如,由于光的磷光体转换,一些类型的白色LED通常具有慢的响应。这些类型的白色LED将具有较低的带宽,并且从而将具有较低的数据速率,这也将下面解释。

[0030] 取决于例如所使用的特定波长,这种技术也可以称为编码光、可见光通信(VLC)或自由空间光通信(FSO)。在这个上下文中:可见光可以是波长在380nm至740nm范围内的光;

并且红外光可以是波长在740nm到1.5mm范围内的光。要领会,这些范围之间可能有一些重叠。

[0031] 可以使用任何合适的光传感器来检测由节点发射的LiFi编码光中的信息。例如,光传感器可以是光电二极管。光传感器可以是专用光电池(点检测器),可能带有透镜、反射器、漫射器或磷光体转换器(用于较低速度)的光电池阵列,或者光电池(像素)阵列和用于在阵列上形成图像的透镜。光传感器可以是被包括在插入用户设备(诸如智能手机、平板电脑、电子书或笔记本电脑)中的加密狗中的专用光电池。在任何情况下,这可以使得在设备上运行的应用能够经由光接收数据。

[0032] 当使用可见光波长时,由节点输出的调制可见光也将提供照明。也就是说,调制可见光可以提供LiFi信号传输和照明的双重功能。特别地,调制可以在足够高的频率下执行,以超出人类的感知,或者至少使得任何可见的瞬时光伪像(例如闪烁和/或频闪伪像)足够弱,并且在足够高的频率下不被人类注意到或者至少可被人类容忍。因此,嵌入的信号不影响主要照明功能,即,因此人类用户仅感知整体照明,并且不是被调制到该照明中的数据的效果。与可见光不同,红外光是人类看不见的。这意味着虽然调制红外光可以提供LiFi传输的功能,但它不提供任何照明。

[0033] 本文描述的示例涉及优化具有可见光源和红外光源两者的LiFi节点中的功耗。

[0034] 图1示意性地示出了根据本发明的LiFi系统100的第一示例。LiFi系统100包括节点200和控制器110。还示出了终端设备130、数据源120和输入设备140。控制器110可操作地耦合到节点200、数据源120和输入设备。

[0035] 节点200包括用于发射可见光的可见光源220和用于发射红外光的红外光源210。可见光源220可以是例如一种或多种不同颜色的一个或多个可见发光二极管(LED)、具有集成或远程磷光体以实现白光的蓝色LED。红外光源210可以是例如红外LED。

[0036] 在又另外的示例中,红外光源210或可见光源220(或两者)可以是激光(通过辐射的受激发射的光放大)光源210,或简称为“激光器”。示例包括可见波长激光二极管、红外波长激光二极管、可见波长VCSEL(垂直腔面发射激光器)、红外VCSEL、以及其他类型的基于激光的照明(可见)光源和/或基于激光的红外光源等。当使用可见光源时,将激光光源用于光学无线通信受到的数据速率限制最少是已知的。当可以满足激光安全要求时,这使得激光光源非常适合FSO。

[0037] 节点200被构造和布置成输出LiFi信号供终端设备130接收。特别地,节点200被构造和布置成通过使用可见光源220发射调制可见光来输出可见LiFi信号,和/或通过使用红外光源210发射调制红外光来输出红外LiFi信号。节点200的两种配置是可能的:SISO(单输入单输出)配置;和MIMO(多输入多输出)配置。

[0038] 在SISO配置中,节点200可以在任何给定时间仅输出可见LiFi信号,或者仅输出红外LiFi信号(但不是两者都输出)。下面关于图3描述SISO配置的示例电路。

[0039] 在MIMO配置中,节点200可以在任何给定时间仅输出可见LiFi信号,仅输出红外LiFi信号,或者可以输出可见和红外LiFi信号两者。因此,节点200可以使用可见LiFi信道(使用可见光源220)和红外LiFi信道(使用红外光源210)中的一个或多个来提供LiFi信号。下面关于图4描述MIMO配置的示例电路。

[0040] 终端设备130可以是例如智能电话、平板电脑、电子书(e-book)、膝上型电脑等。终

端设备130包括一个或多个LiFi接收器,用于接收和解调来自节点的LiFi信号。例如,终端设备130可以包括用于经由可见光接收由节点200发射的LiFi信号的可见光接收器,以及用于经由红外光接收由节点200发射的LiFi信号的红外光接收器。在其他示例中,终端设备130可以包括用于接收可见和红外LiFi信号两者的单个接收器。

[0041] 从节点200向终端设备130发送LiFi信号可以被称为“下行链路”。终端设备130和节点200还可以提供“上行链路”,其中终端设备130传输LiFi信号供节点200接收。在这种情况下,终端设备130包括一个或多个LiFi传输器,并且节点200包括一个或多个LiFi接收器,其方式与针对下行链路描述的方式相对应。替代地或附加地,终端设备130可以使用单独的通信信道(例如蓝牙或WiFi)向LiFi网络传输数据。

[0042] 控制器110被构造和布置成控制节点200使用可见光源220和红外光源210中的一个或多个来选择性地输出LiFi信号。这将在下面更详细地解释。

[0043] 在图1中,为了说明的目的,控制器110被示意性地图示为功能块。控制器110可以用软件、硬件、或软件和硬件的组合来实现。例如,控制器110可以被实现为运行在处理器上的软件,该软件被配置为执行本文描述的步骤。控制器110可以与节点200分离实现(例如如图1所示),或者可以在节点200中实现。在稍后描述的存在多于一个节点200的示例中,控制器110也可以以分布式方式实现,例如跨越所有节点200。

[0044] 通常,节点200可以安装在环境中。该环境可以是例如办公室、图书馆、教室等。当节点200的可见光源220激活时(打开并且调制或不调制),节点200在环境内提供照明。在特定的时间点,照明可能是想要的或不想要的。例如,环境内可能有一个或多个用户出于执行任务的目的(例如夜间)可能期望照明;或者如果例如已经有足够的环境光或自然光形式的照明(例如通过窗户),则可能不需要由节点200的照明。

[0045] 控制器110被配置成响应于输入来控制可见光源220打开或关闭照明。该输入可以从输入设备140接收,或者可以从终端设备130接收。输入设备140是开关、存在(或移动)传感器、和定时器中的一个或多个。输入设备140被构造和布置成产生指示照明应当被激活的输入,并将该输入提供给控制器110。

[0046] 因此,在第一具体示例中,输入设备是环境内的开关,用户可以操作该开关以便指令控制器110打开或关闭照明。作为第二具体示例,输入设备140是定时器,其被配置为自动指令控制器110在特定时间打开或关闭照明(例如,在白天期间关闭,并且在晚上期间打开)。作为第三具体示例,输入设备140是用于检测(例如用户的)移动或存在的移动或存在传感器,其被配置为响应于来自存在传感器的指示存在的输入而自动指令控制器110打开照明。控制器110可以被配置为响应于确定存在传感器在预定的时间长度内没有检测到存在,自动关闭照明。

[0047] 控制器110被配置成控制节点200输出数据作为嵌入可见光源220、红外光源210、或(在MIMO配置中)两者的光输出中的LiFi信号。例如,控制器110可以从数据源120接收数据,并控制可见光源220和红外光源210中的一个或(在MIMO配置中)两个,以通过调制它们的光输出来输出来自数据源120的数据。这里,数据源120旨在表示任何数据源,诸如本地数据存储或存储器,或者远程数据存储(诸如可由控制器110经由网络访问的服务器)。在特定示例中,控制器110可以被配置为经由互联网从服务器接收数据。数据本身可以是例如视频文件、音频文件、网站、或任何其他数据。

[0048] 与电场相反,光输出不能是负的(最小光量为零)。因此,LiFi信号是通过相对于偏置光输出水平调制光输出而产生的。例如,对于LED光源,这意味着通过LED提供偏置电流。在典型的前端中,该偏置电流被调整为标称LED电流的大约50-55%。对于LED来说,提供足够高的偏置电流以便避免由于LED具有非线性电流对电压关系的事实而产生的光的失真是特别重要的。在任何情况下,即使当没有实际数据需要被输送时,对偏置光输出水平的要求也导致从偏置电流产生恒定的通量。在典型的光学前端(OFE)中,电流驱动器通过光源发送调制的DC电流,以使光源随着时间以调制的光强度发射光。

[0049] 典型的前端将至少需要每个激活光源1-3W的电功率。对于可见光源220,该功率用于产生可见光,该可见光即使在未被调制时也可以在环境内提供照明。也就是说,采用可见光源220(例如,白色LED或产生白色照明的不同颜色LED的混合)以便实际使用所产生的通量是有益的。这在通常人们想要使用移动LiFi数据并且已经期望照明的空间中尤其有用,因为不会导致附加的功耗。

[0050] 另一方面,红外光对人类来说是不可见的。虽然这确实具有无眩光透射的益处,但当与可见光调制相比时,这并不环保友好,因为红外光源210的偏置光输出水平不提供照明的辅助效果。

[0051] 因此,在第一示例中,节点200处于红外光源210正被用于输出LiFi信号的状态,并且可见光源220不激活。然后,当控制器120接收到指示照明将被打开的输入时(例如,经由如上所述的开关、存在传感器、或定时器),控制器120激活可见光源220以便提供照明。附加地,控制器120自动将LiFi信号的输出(当前正由红外光源210输出)传送到现在激活的可见光源220。为此,控制器120控制可见光源220发射可见光,该可见光被调制以编码与正由红外光源210输出的数据相同的数据(或相同的数据流)。然后,控制器120控制红外光源210关闭,从而省电。

[0052] 终端设备130可以向终端设备130的用户输出指示,其指示它当前正在使用可见信道或红外信道中的哪一个。例如,这种指示可以作为终端设备130的屏幕上的视觉指示,或者经由终端设备130上的光源(诸如LED),或者以听觉形式(诸如由与终端设备130相关联的扬声器发出的声音)提供给用户。

[0053] 通常,可见光源220可以处于三种状态之一:关闭、打开(激活但不调制)或调制(打开并调制)。红外光源210可以处于两种状态之一:关闭或调制(打开并调制)。因此,MIMO配置中的节点200可以处于如表1所示的六种可能状态之一。

(4) 可见: 关闭 红外: 调制	(5) 可见: 打开 红外: 调制	(6) 可见: 调制 红外: 调制
(1) 可见: 关闭 红外: 关闭	(2) 可见: 打开 红外: 关闭	(3) 可见: 调制 红外: 关闭

表1。

[0054] 上述控制器110的行为可以被认为从状态(5)到状态(3)的自动转换。也就是说,当处于状态(4)时,激活可见光源220的输入将导致向状态(5)的转换。在这种情况下,控制器110被配置成自动转换到状态(3)而不是保持在状态(5)。

[0055] 在MIMO配置中,转换可以包括通过状态(6)的中间转换,以便执行从红外光LiFi信号到可见光LiFi信号的切换。例如,控制器110可以控制节点200经由红外光源210输出LiFi信号的输出将被传送到可见光源220的指示。然后,终端设备130可以被配置为在接收到该指示时,通过例如激活可见光接收器,准备继续经由可见光源220接收LiFi信号。在一些情况下,这可能是不必要的,例如,在终端设备130用来接收红外LiFi信号的接收器也能够接收可见LiFi信号的情况下。

[0056] 注意,取决于配置(例如,当节点200处于SISO配置时),状态(6)可以是不可能的。

[0057] 因此,在SISO配置中,转换可以包括重建节点200和终端设备130之间的连接。例如,由于信噪比的突然变化,或者在转换的小毛刺期间链路/同步的丢失,这可能是需要的。

[0058] 上面已经大体上参考可见光源220和红外光源210进行了描述,所述可见光源220和红外光源210就它们可以调制其光输出的频率而言具有相同的输出能力。也就是说,由红外光源210以任何调制频率输出的LiFi信号可以被传送到可见光源220,并继续以相同的调制频率输出。然而,一些类型的可见光源220只能够输出较低速的LiFi信号(比使用红外光源210可能输出的信号更低)。

[0059] 因此,在一些示例中,可见光源220可能能够以第一个或多个频率输出LiFi信号,并且红外光源210能够以第二个或多个频率输出LiFi信号,第二个或多个频率包括比第一个或多个频率更高的一个或多个频率。

[0060] 如上所述,光源的频率能力对该光源能够输出的数据速率(比特率、符号率等)有影响。实际数据速率还可能取决于其他因素,诸如信噪比(SNR)和带宽。然而,一般来说,有限的频率输出意味着有限的输出数据速率。例如,可见光源220可能仅能够以低到中等数据速率(例如,高达60兆比特数据速率)产生LiFi信号,而红外光源210可能能够以低、中和高数据速率(例如,高达1000兆比特数据速率)产生LiFi信号。这有各种原因,如以下所解释。

[0061] 在第一示例中,可见光源220可以是白色LED,其使用磷光体层将来自蓝色LED的光转换成白光输出。磷光体层对光子的这种所需吸收和再发射实质上充当了低通滤波器。

[0062] 在第二示例中,可见光源220可以包括多个单独的LED(例如,红色、绿色和蓝色LED),其光输出被组合以产生总的白光输出。印刷电路板上这些单独的LED的布局可能阻止高频调制。例如,安装在具有高导热率的材料如金属包层印刷电路板(MCPCB)上的LED的典型长串联连接可能不容易允许高频电流有效地进入LED。即使当光源(例如LED)本身将能够输出高频调制时,这种类型的频率限制也可以适用,这可以是例如一些类型的基于激光的光源的情况。

[0063] 另一方面,红外光源210不像可见光源220(诸如上述可见光源220)那样遭受那么多相同频率(以及数据速率)的限制。也就是说,红外光源210能够产生高频(除了与可见光源220相同的低频或中频)的LiFi信号。

[0064] 应理解,LiFi信号经由可见光源220和红外光源210的传输通常可以处于基带中。这意味着较高速传输确实包括比较低速信号的频率分量更高的频率分量,但不是所有分量都一定更高。也就是说,第二个或多个频率也可以包括第一个或多个频率中的一些或全部。

[0065] 在MIMO配置中,基带可以使用两个独立的信道。这些信道可以按频率分离,例如可见光的低带宽为1MHz-10MHz,并且红外光的较高带宽为20MHz-50MHz。替代地,也可以借助

于波长(光电二极管前的发射器波长和光学波长滤波器)来完成信道的分离。在这种情况下,当应用波长分离时,可见光的带宽可能低于红外光的带宽。相比之下,对于SISO配置,在任何给定时刻,将仅使用可见或红外信道中的一个。在任何情况下,基带可以基于光链路的带宽来改变调制带宽。通常,与可见光信道相比,红外信道可以具有更高的带宽。如果将相同的带宽应用于两个信道,则电调制深度将是相同的,但是可见光的调制深度将受到损害(需要减小电调制带宽以便最大化光调制深度)。因此,在一些示例中,由红外光源210和可见光源220输出的频率(能够)之间可能存在一些重叠。然而,为最大调制深度和/或最大吞吐量优化带宽是有益的。

[0066] 鉴于以上所述,应理解,可见光源220可以处于类似于前面提到的三种状态中的一种:关闭、打开(激活但不调制)或低(打开并以低频调制)。红外光源210可以处于三种状态之一:关闭、低(打开并以低频调制)或高(打开并以高频调制)。因此,这些示例中的节点200可以处于表2所示的九种可能状态之一。

(7) 可见: 关闭 红外: 高	(8) 可见: 打开 红外: 高	(9) 可见: 低 红外: 高
(4) 可见: 关闭 红外: 低	(5) 可见: 打开 红外: 低	(6) 可见: 低 红外: 低
(1) 可见: 关闭 红外: 关闭	(2) 可见: 打开 红外: 关闭	(3) 可见: 低 红外: 关闭

表2。

[0067] 状态一至六对应于更早关于表1描述的那些状态。当前的示例引入了另外三种状态(七到九),其中红外光源210用于提供高频(高数据速率)LiFi信号。可见光源220不能够提供这样的高频信号,并因此每当出现更高的数据速率需求时,红外光源210被激活。

[0068] 如上所述,终端设备130可以输出当前正在使用哪个信道的指示。因此,用户被告知终端设备130当前是在具有低带宽的白色上操作还是在具有增加的带宽的IR上操作。这种反馈可以有益地是接收器侧上的光学信号(例如,信令LED)。在一些示例中,红外和可见信号可以被分离,例如,借助于一个或多个光学滤波器、TDMA、CDMA等。在MIMO配置中,两个信号可以并行使用。在SISO配置中,简单的(例如AC电源)检测器电路可以确定红外和/或可见信号的存在。这可以允许确定向终端设备130或控制单元110馈送哪些数据。

[0069] 在一些示例中,控制器110被配置为响应于接收到对高速LiFi信号的请求,激活红外光源210以输出高速LiFi信号。该请求可以例如从终端设备130接收。用于提供高速LiFi信号的红外光源210的激活独立于红外光源210先前是否激活并输出低速LiFi信号而执行,并且也独立于可见光源220当前是开还是关而执行。以这种方式,可以在没有任何附加功耗的情况下管理待机情形。

[0070] 在一些示例中,来自终端设备130的高速LiFi请求可以是明确的。例如,当需要更高的网络速度时,终端设备130可以传输添加红外信道的命令。例如,该命令可以通过可见信道(低数据速率LiFi链路)或通过另一个通信路径(诸如互联网)发送。在任何情况下,接收到的命令将使控制器110激活红外信道的调制。

[0071] 替代地或附加地,来自终端设备130的高速LiFi请求可以是隐含的。例如,如果终端设备130经由红外信道向节点200传输LiFi信号,而只有节点200的可见信道是激活的,则节点200可以确定终端设备130正在请求高速LiFi。

[0072] 在另一个示例中,可以借助于移动/存在检测器来触发切换到白色信道使用和红外信道的去激活。这将保证每当在房间的相关区域、或空间中检测到移动/存在时,高数据速率是可用的。

[0073] 然而,对激活高数据速率红外信道进行确定,这可以通过例如以下来实现:启用和/或禁用LED(白色/IR)的dc偏置电流;启用和/或禁用调制器的调制信号(白色/红外)(这适用于MIMO);和/或具有由单个dc电流和单个调制电流供电的白色和IR LED。通过分流(通过开关元件短路),可以选择白色和/或IR LED。请注意,分流拓扑不支持MIMO,因为两个信道的调制电流与串联的LED相同。

[0074] 如更早所述,可见光源220可能只能够以低到中数据速率(例如高达60兆比特数据速率)产生LiFi信号,而红外光源210可能能够以低、中和高数据速率(例如高达1000兆比特数据速率)产生LiFi信号。因此,在一些示例中,控制器110可以以指定的数据速率接收对LiFi连接的请求,并基于指定的数据速率来确定使用可见信道或红外信道中的哪一个。例如,控制器110可以支持可见光源220,并且仅在指定的数据速率需要如此时才激活红外光源210。

[0075] 如所述,节点200可以被配置在MIMO配置中,其中它能够使用可见光源220和红外光源210两者同时输出LiFi信号。

[0076] 在第一示例MIMO配置中,节点200可以同时使用可见光源220和红外光源210来增加数据速率,使得当红外光束中断时通信将继续。例如,数字基带可以具有单独的信道(红外和可见信道),但是这些信道中的单个信道足以进行通信(例如双向通信)。作为单独的信道,当一个信道(光链路)中断时,吞吐量可以增加或者链路可以保留。

[0077] 一个附加的好处是,当MIMO信道之一保持起作用时,在MIMO配置中重建IR链路可能比在SISO配置中更快。这是因为建立新的SISO链路通常花费更多的时间进行链路设置,诸如自动增益控制(AGC)、构象(constellation)设置、认证等需要协商和验证。另一方面,单个中断的MIMO链路恢复得更快,因为另一个链路对数据保持起作用。因此,可以跳过协商和验证过程来重建另一个MIMO链路。

[0078] 在第二示例MIMO配置中,节点200可以同时使用可见光源220和红外光源210来减少(例如,上行链路和下行链路之间的)干扰。

[0079] 图2示意性地示出了LiFi系统的第二示例。在这个示例中,在环境300中安装了多个节点200a-c。每个节点200a-c都是如上关于图1所述的节点。在该示例中,控制器110被实现为中央控制器,其可操作地耦合到节点200a-c中的每个。然而,如上所述,控制器110可以以分布式方式实现,例如跨越两个或更多个节点200。

[0080] 在这种布置中,如果由节点200a-c的红外光源210a-c所使用的一个或多个光波长之间有足够的重叠,那么这些红外信道之间可能存在干扰。类似地,如果由节点200a-c的可见光源220a-c所使用的一个或多个光波长之间有足够的重叠,那么这些可见信道之间可能存在干扰。另一方面,对于一个或多个红外信道和一个或多个可见信道之间的干扰,(多个)红外波长和(多个)可见波长之间可能没有足够的重叠。

[0081] 因此,在一些示例中,节点200a-c中的每个被配置成经由相应的可见光源220a-c以第一个或多个频率输出相同的LiFi信号。也就是说,所有节点200a-c的可见信道可以用相干调制(具有相同相位和频率的调制)来调制。这具有用相同的同质LiFi信号淹没环境300的更大部分的优点。这也最大限度地利用了杂散光,并减少了阴影的机会。此外,来自多个节点200的光可以由终端设备130处的接收器添加,这提高了信噪比,即使环境内的通量水平非常低。在这样的示例中,集中实现控制器110可能是特别有利的。每个节点200然后可以使用相同长度的相同类型的线缆连接到控制器110。

[0082] 这可以通过提供用于控制多个节点200的单个控制器110来实现,如图2所示。与节点200相比,控制器110相对昂贵。因此,给每个节点200配备控制器110会增加LiFi系统的成本。因此,经由相应的可见光源220a-c以第一个或多个频率输出相同的LiFi信号的优点是需要较少的控制器110。在重叠区域中,节点信号相加以提高信噪比。当节点配备有自己的控制器110时,重叠区域具有恶化的信噪比,因为信号可能干扰(它们不可以相加)。

[0083] 当终端130从一个控制器110移动到另一个控制器110时,可能需要切换过程。因此,另一个好处是(多个)终端设备130可以在节点200(其与同一控制器110连接)下四处移动,而不需要切换。

[0084] 在一些示例中,控制器110被配置成确定终端设备130的位置。例如,节点200处的接收器可以被配置成检测从终端设备130接收信号的方向。该节点200然后可以被配置成在相同(返回)方向上发射其光输出(可见或红外)。

[0085] 在替代或附加示例中,可以使用IPS(室内定位系统)——例如通过使用编码光——来确定终端设备130的位置。例如,终端设备130可以使用图像捕获设备(例如,终端设备130的相机,诸如自拍相机)来捕获(多个)天花板光源220的图像。终端设备130然后可以基于来自光源220的解码消息来确定其位置。例如,终端设备130可以存储将节点200的位置与各种代码相关联的信息。该信息也可以存储在后端(例如控制器110或LiFi系统的服务器)中。其他资源——诸如加速度计、指南针、算法等——可以用来提高定位精度。终端130的位置信息可以借助于无线网络报告回到控制器110(例如,通过射频或通过最近的控制设备,或通过大覆盖范围的低数据速率LiFi信道,使得可以设立定向高速IR链路,如利用小区所解释的)。

[0086] 红外光源210a-c可以输出定向光束中的调制光。每个光束定义了环境内的一个“小区”。因此,当终端设备130位于节点200a-c的呼叫范围内时(并且该节点200a-c的红外光源210a-c和/或可见光源220a-c当前是激活的),终端设备130只可以从节点200a-c之一接收LiFi信号。

[0087] 因此,在一些示例中,控制器110被配置成确定终端设备130当前所在的小区。这可以包括控制器110确定终端设备130的位置,并然后确定包含该位置的小区。在任何情况下,控制器110可以被配置为确定至少一个节点200在终端设备130的范围内,并且控制所确定的至少一个节点200输出LiFi信号。控制器110然后可以控制所有其他节点200处于关闭状态,从而节省功率。

[0088] 在一些示例中,控制器110可以控制被确定为在终端设备130的范围内的一个或多个节点200(即,终端设备130当前所在的小区的(一个或多个)节点200)使用红外光源210输出LiFi信号。

[0089] 在又另外的示例中,每个节点200的红外光源210产生调制红外光的聚焦光束。在其中红外光源210能够提供比可见光源220更高速的连接的情况下,这意味着每个节点200使用可见光源220提供背景数据速率,并使用红外光源210提供“峰值”聚焦光束或改进的数据速率。

[0090] 由红外光源210输出的调制红外光的光束方向可以使用光束引导技术来引导(steer)。因此,在一些示例中,节点200可以将光束引导向特定的终端设备130。为此,控制器110可以如上所述确定终端设备130的位置,并控制一个或多个节点200将相应的红外光束引导向终端设备130的确定位置。这一点的一个特别优势是成本。也就是说,通过光束引导,为用户提供可见光的大覆盖范围,同时在整个覆盖区域或主要区域(如会议桌)内提供高速链路。

[0091] 光束引导的另一个优点是降低了多个并行通信的干扰风险。光束引导的又一个优点是改进的信噪比。尤其是窄光束将具有更高的信噪比,从而以更低的功耗具有更高的链路预算,即使当光可能是可见的并且来自例如彩色LED时。

[0092] 图3和图4更详细地图示了节点200的示例。

[0093] 图3所示的电路适合于实现根据SISO配置的节点200。如上所述,在SISO配置中,节点200被配置成在任何给定时刻使用红外光源210或可见光源220中的任一个,而不是两者。

[0094] 在这个示例中,可见光源220包括多个可见光LED 224,并且红外光源210包括红外LED 214。图3所示的元件可以集成在安装于天花板的灯具内。

[0095] 红外光源210包括电流源211,用于向红外LED 214提供DC电流。因此,红外光源210包括由电流源211和红外LED 214组成的电流回路。还示出了滤波器元件212、213,它们被布置成将电流源211的DC电流从由于调制(下面描述)而产生的AC电流中去耦合。

[0096] 可见光源220类似地包括电流源221和滤波器元件222、223。然而,代替红外LED 214,可见光源220包括LED串224。如图3所示,LED串224是串联连接的多个可见波长LED。因此,可见光源220包括由电流源221和可见LED串224组成的电流回路。

[0097] 在该示例中,控制器110在节点200处实现。在这个示例中,控制器110包括编码器230、放大器240和光源选择器250。放大器240可操作地耦合到编码器230。光源选择器250可操作地耦合到放大器240。光源选择器250经由第一电容器251可操作地耦合到红外光源210,并且经由第二电容器252可操作地耦合到可见光源220。

[0098] 编码器230被配置为从数据源120接收数据,并对数据进行编码以生成调制信号。编码器230将生成的调制信号传递给放大器240。放大器调节调制信号,并且然后光源选择器250选择性地将调节后的信号传递给红外光源210和可见光源220中的一个或多个。相应的第一电容器251和第二电容器252用于仅将AC分量耦合到相应光源中的LED电流回路中。

[0099] 在一些示例中,如图3所示,光源选择器250可以可操作地耦合到红外光源210的电流源211,使得光源选择器250可以关闭或者以其他方式去激活电流源211。光源选择器250可以类似地可操作地耦合到可见光源220的电流源221,但是这没有示出。

[0100] 在一些示例中,节点200可以被配置成独立于携带(来自控制器110的)调制信号的线缆上存在的DC电压偏移,选择性地使用红外光源210或可见光源220。例如,节点200可以响应于0 VDC偏移关闭两个光源,响应于2 VDC偏移使用可见光源210输出LiFi信号,并且响应于4 VDC偏移使用红外光源220输出LiFi信号。

[0101] 在一些示例中,光源选择器250可以被配置成向放大器240提供信号,以便例如取决于正在使用光源210、220中的哪一个或多个来调整放大参数。在替代实施例中,单独的放大器可以用于可见光源220。这是特别有利的,因为驱动长串联连接的LED(如图3的示例所示)需要比单个红外LED高得多的驱动电压。

[0102] 如上所述,光源选择器250被构造和布置成从诸如开关或定时器的源接收输入。响应于接收到例如激活照明的输入,光源选择器250可以激活可见光源220。

[0103] 控制器110的光源选择器250被配置成识别冗余的情况。特别地,如果红外光源210正被用于输出低频LiFi信号,并且可见光源220当前是激活的,但仅用于照明目的(非LiFi),则光源选择器250可以确定冗余。这种情形是冗余的,因为可见光源220能够输出低频LiFi信号,同时提供照明。响应于识别到这种情形,光源选择器250将LiFi信号传送到可见光源220(通过将LiFi信号调制成可见光)并去激活红外光源210。

[0104] 图4所示的电路适合于实现根据MIMO配置的节点200。如上所述,在MIMO配置中,节点200被配置为使用红外光源210、可见光源220或两者,以用于输出LiFi信号的目的。

[0105] 在该示例中,红外光源220是一个或多个红外LED,并且可见光源210是一个或多个可见光LED。红外光源220和可见光源210与电流源221串联布置(即,它们共享单个电流源)。也可以如上所述提供滤波器元件222、223。

[0106] 控制器110包括编码器230和放大器240,其方式类似于上面关于图3所描述的方式。控制器110还包括光源选择器250,其经由第一电容器251可操作地耦合到红外光源210和可见光源220。然而,在这个示例中,光源选择器250也可操作地耦合到第一晶体管215和第二晶体管225(的栅极)。

[0107] 第一晶体管215横跨红外光源210。第二晶体管225横跨可见光源220。在该示例电路中,IR信道和白色信道串联连接,其仅需要单个电流源。它们通过分流相应LED周围的电流而被选择性地调制。因此,在操作中,光源选择器250可以向第一晶体管215和第二晶体管225中的任一个(或两个)的栅极提供电压,从而有效地分别短路红外光源210和可见光源220中的任一个(或两个)周围的电路。因此,光源选择器250可以选择性地(去)激活红外光源210和可见光源220中的零个、一个或者两个。

[0108] 也就是说,控制器110可以包括两个输出,分别用于向红外光源210和可见光源220中的每一个传输控制命令。控制器110可以能够在每个输出上并发地传输控制命令,并且从而提供MIMO配置。基于调制信号水平,节点200可以向红外光源210和/或可见光源220施加DC偏置。

[0109] 在进一步发展的(developed)实施例中,用于控制和驱动LED偏置电流的电流源211、221可以以其直接支持插入HF调制信号(例如借助于电流镜像电路)的方式实现。那也将使滤波器元件212、213、222、223废弃(obsolete)。

[0110] 根据本发明的无线通信节点还可以与传感器结合使用,所述传感器诸如是当操作照明灯时通常在照明发光系统中使用的存在传感器或运动传感器。无线通信节点通常将向至少一个终端设备提供LiFi信号,其中该节点包括:用于发射调制可见光和非调制可见光以提供照明的可见光源;和用于发射调制红外光的红外光源。优选地,该节点被配置为与存在传感器和/或运动传感器结合使用。

[0111] 该节点可以被布置成经由红外光源或经由可见光源以第一个或多个频率输出

LiFi信号,用于由所述至少一个终端设备接收;并且其中该节点被配置为响应于从传感器接收输入,取决于节点的状态;取决于节点处的照明要求,当提供照明并且不输出LiFi信号时,结合照明开启经由可见光源的LiFi信号的传输,并且当不提供照明时,使用可见光源或红外光源输出LiFi信号。

[0112] 当不提供照明时,来自存在传感器的输入可以用来自照明传感器的输入来补充;以这种方式,当不提供照明并且不输出LiFi信号时,节点可以当照明传感器指示不需要照明时开启经由红外光源传输LiFi信号,并且当照明传感器指示需要照明时开启经由可见光源传输LiFi信号。

[0113] 在上面的示例中,当不存在使用可见光源或红外光源的正在进行的通信时,来自存在(例如,运动)传感器的输入可以有利地用于取决于节点的状态开启数据通信。

[0114] 来自存在或(运动)传感器的信号表示用户存在的指示,对于通信来说,当在没有用户存在之前(不久)存在用户时,它是特别相关的,因为新检测到的用户可能需要数据通信。使用存在传感器不仅对于降低照明光(可见光源)的功耗特别有用,而且对于降低红外光源的功耗特别有用。因此,当在此之前不存在时检测到用户存在时,由于LiFi的视线性质,提供了唤醒节点的LiFi通信的提示,因此节点可以开始LiFi信号传输。

[0115] 在新的存在检测提供了唤醒通信功能的触发的场合,单独缺少存在检测一般不提供将节点置于低功率状态(即,通信功能的切换)的良好指示。用户在数据正被传送时让连接的设备无人看管并不少见。然而,在预定的最小时间段(可能是可配置的)内缺乏存在与缺乏网络通信相组合,可以提供由节点暂停LiFi通信功能和/或将节点置于没有LiFi信号正被输出的低功率状态的提示。

[0116] 将理解,本文所指的处理器或处理系统或电路实际上可以由单个芯片或者集成电路或多个芯片或集成电路来提供,可选地作为芯片组、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、数字信号处理器(DSP)、图形处理单元(GPU)等来提供。一个或多个芯片可以包括用于体现一个或多个数据处理器、一个或多个数字信号处理器、基带电路和射频电路中的至少一个或多个的电路(以及可能的固件),它们是可配置的,以便根据示例性实施例进行操作。在这点上,示例性实施例可以至少部分地通过存储在(非暂时性)存储器中并可由处理器执行的计算机软件、或者通过硬件、或者通过有形存储的软件和硬件(以及有形存储的固件)的组合来实现。

[0117] 本文对用于存储数据的数据存储器进行参考。这可以由单个设备或多个设备来提供。合适的设备包括例如硬盘和非易失性半导体存储器(包括例如固态驱动器或SSD)。

[0118] 尽管在此参考附图描述的实施例的至少一些方面包括在处理系统或处理器中执行的计算机过程,但是本发明还扩展到适于将本发明付诸实践的计算机程序,特别是载体上或载体中的计算机程序。该程序可以是非暂时性源代码、目标代码、源代码和目标代码中间的代码的形式(诸如部分编译的形式),或者适合于在实现根据本发明的过程中使用的任何其他非暂时性形式。载体可以是能够携带程序的任何实体或设备。例如,载体可以包括存储介质,诸如固态驱动器(SSD)或其他基于半导体的RAM或ROM;磁记录介质,诸如硬盘;或光学存储器设备。

[0119] 本文描述的示例应被理解为本发明实施例的说明性示例。设想了进一步的实施例和示例。关于任何一个示例或实施例描述的任何特征可以单独使用或者与其他特征组合使

用。另外,关于任何一个示例或实施例描述的任何特征也可以与任何其他示例或实施例的一个或多个特征或者任何其他示例或实施例的任何组合组合使用。此外,在本发明的范围内,也可以采用本文没有描述的等同物和修改,本发明的范围在权利要求中限定。

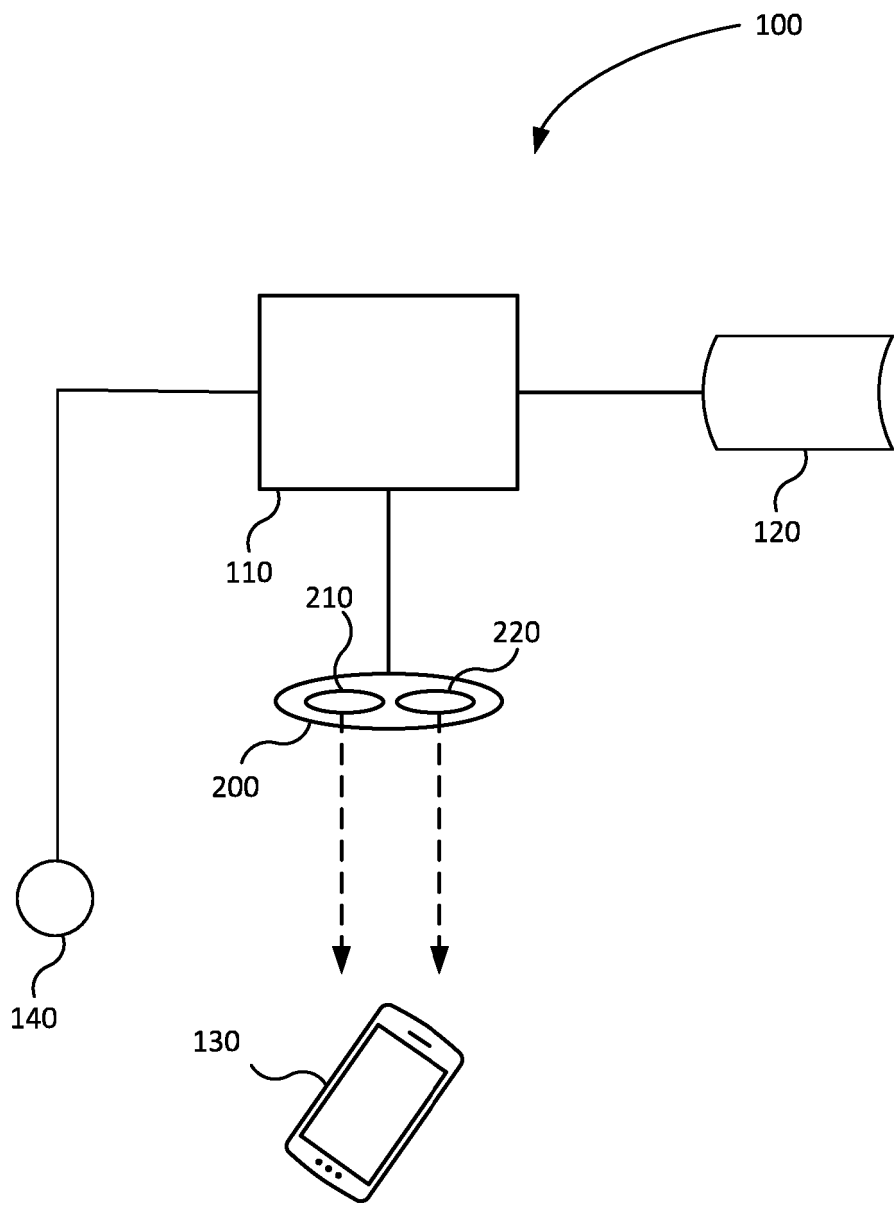


图 1

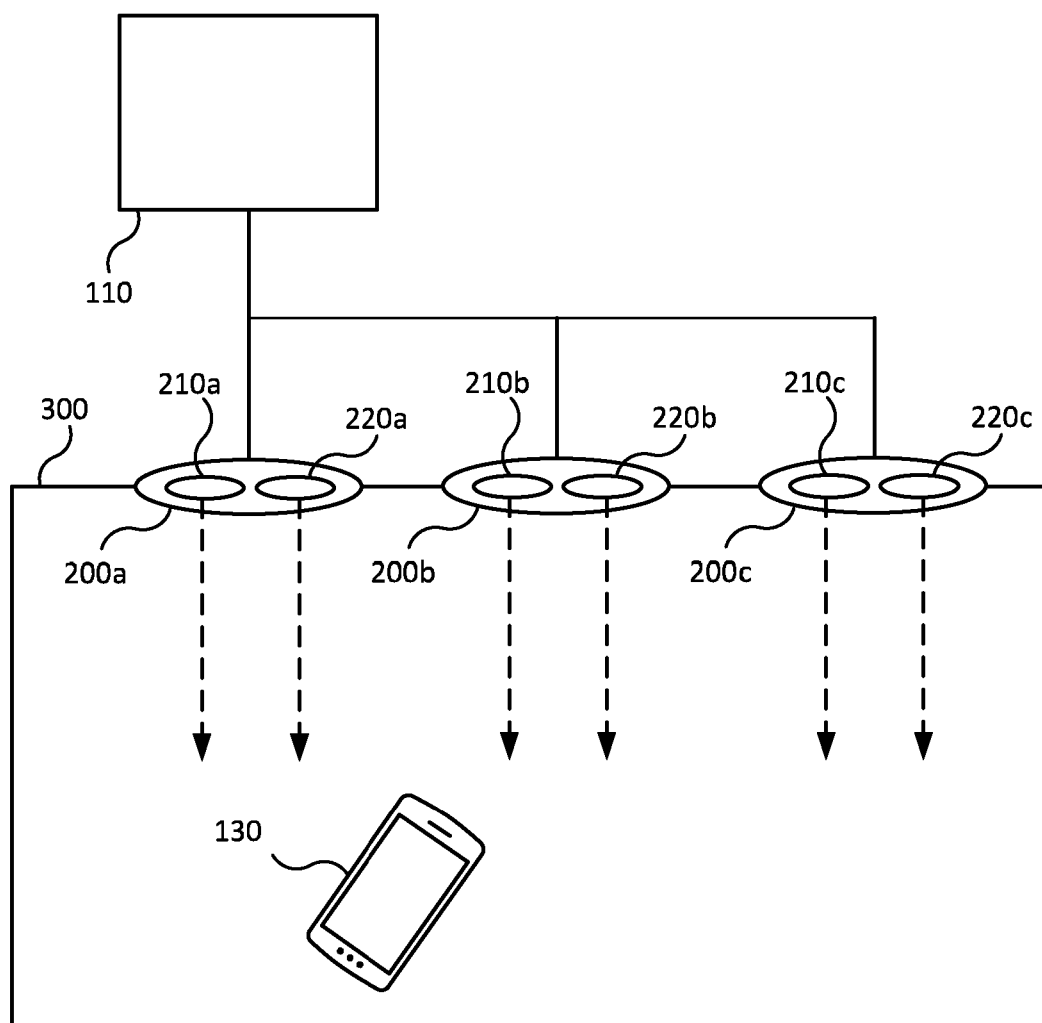


图 2

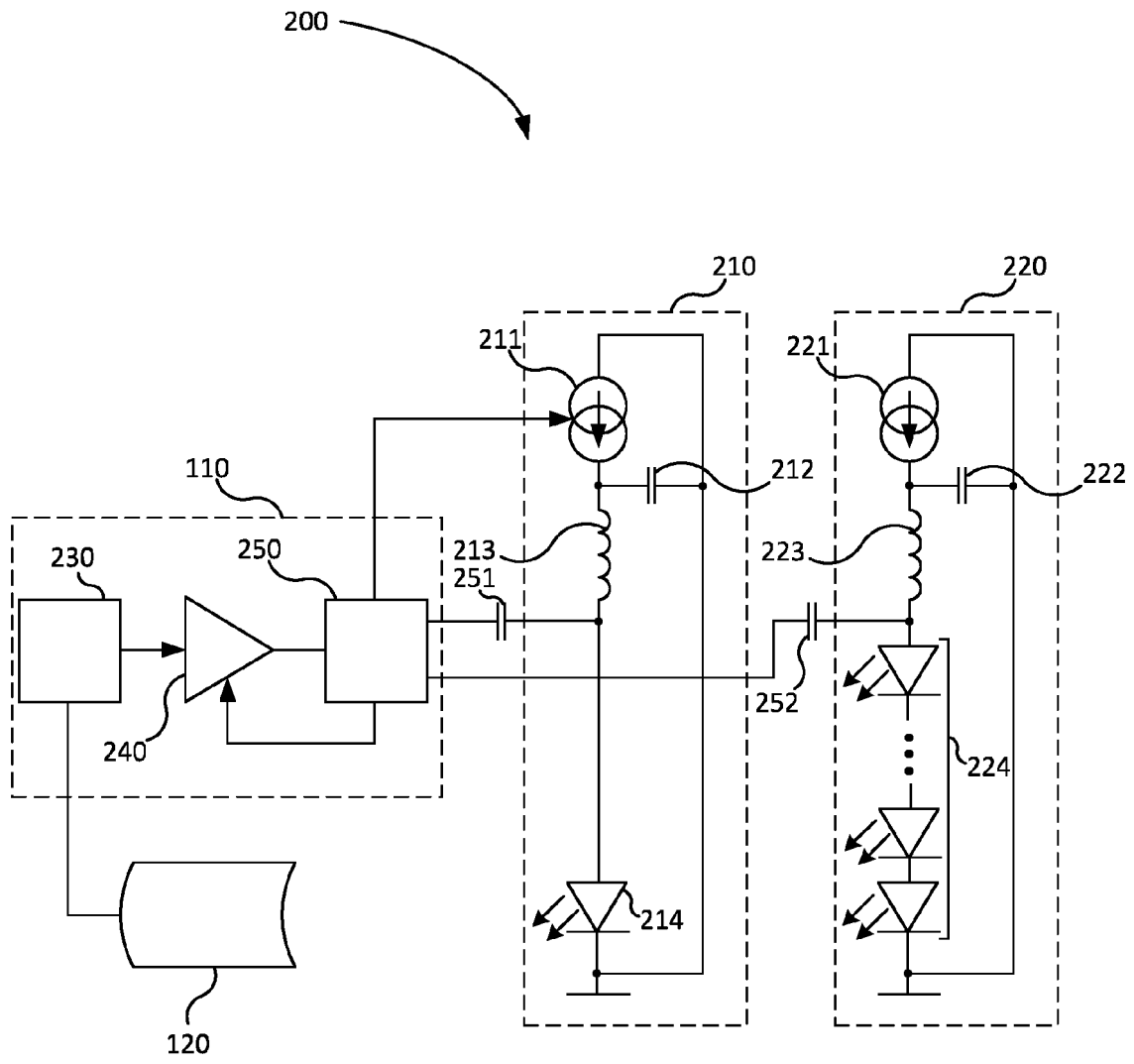


图 3

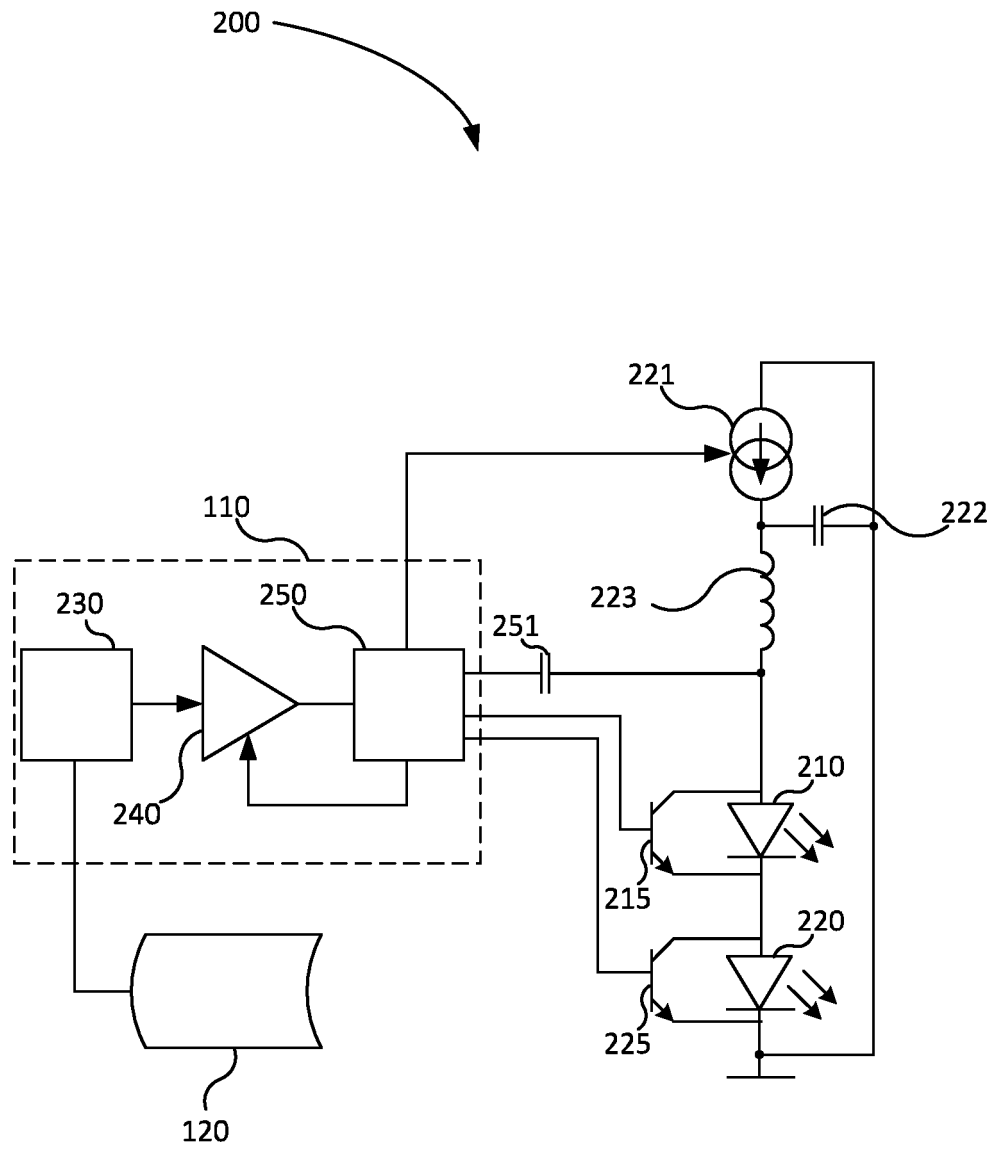


图 4