



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112019270 B

(45) 授权公告日 2021.12.21

(21) 申请号 202010695814.7

G08G 1/14 (2006.01)

(22) 申请日 2020.07.17

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 103346834 A, 2013.10.09

申请公布号 CN 112019270 A

CN 109639353 A, 2019.04.16

CN 105513409 A, 2016.04.20

(43) 申请公布日 2020.12.01

Yang Shen等.Poster:A VLC Solution for

(73) 专利权人 北京大学

Smart Parking.《MobiCom'17:Proceedings of

地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

the 23rd Annual International Conference

(72) 发明人 许辰人 沈洋 冯立磊

on Mobile Computing and Networking》.2017,

第579-581页.

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理

审查员 陈鑫

有限公司 11129

代理人 何志欣

(51) Int.Cl.

H04B 10/116 (2013.01)

H04B 10/50 (2013.01)

H04B 10/54 (2013.01)

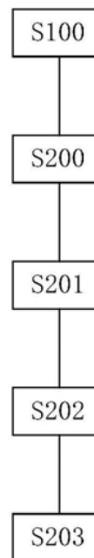
权利要求书1页 说明书18页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于逆反射通信的无源光通信装置

(57) 摘要

本发明涉及一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块和第一光学传感器,其中,所述第一控制模块配置为控制所述第一光学传感器吸收能量的第一状态和识别光的第二状态的交替变换。本发明通过第一状态和第二状态的交替变化实现接收光信号的离散化进而不需要模数转换器就能实现光信号的数字化,而且通过第一状态和第二状态的交替变化实现吸收能量和接收光信号两个状态的分离以在增加接收光信号可靠性情况下,不仅能够显著降低能耗,还能够通过第一状态保证能量的供给,从而实现长时间的无源工作。



1. 一种基于逆反射的无源光通信装置,其特征在于,至少包括第一控制模块(14)和光调制模块(15),在所述光调制模块(15)因非线性响应导致无法立即改变光的的状态的情况下,所述第一控制模块(14)配置为基于光的的状态的变化趋势驱动所述光调制模块(15)调制光;

所述第一控制模块(14)配置为基于脉冲序列控制第一状态和第二状态的交替变换;

在所述第一控制模块(14)与第一光学传感器(11)之间设置有开关,其中,

所述第一光学传感器(11)通过所述开关分别与储能模块(12)和信号检测模块(13)连接,并且所述信号检测模块(13)与所述第一光学传感器(11)连接;

光调制模块(15)设置有用于逆反射光的逆反射模块(16),所述第一控制模块(14)通过驱动所述光调制模块(15)改变所述逆反射模块(16)逆反射的光的状态。

2. 根据权利要求1所述的无源光通信装置,其特征在于,所述第一控制模块(14)配置为至少基于光的数据传输速率和数据包长度确定所述脉冲序列的占空比。

3. 根据权利要求2所述的无源光通信装置,其特征在于,在所述第一控制模块(14)通过所述第一光学传感器(11)的第一状态和第二状态交替变换中检测到不同于环境光的光信号的情况下,

所述第一控制模块(14)配置为解码第二状态下接收的光信号。

4. 根据权利要求1所述的无源光通信装置,其特征在于,所述储能模块(12)至少分别与所述信号检测模块(13)、第一控制模块(14)、光调制模块(15)连接以提供能量。

5. 根据权利要求1所述的无源光通信装置,其特征在于,所述第一控制模块(14)配置为按照以下方式驱动所述光调制模块(15)对原始消息序列进行编码:

在调制原始消息中第一类信息时使用两个不同的符号表示,并且第一个符号与前一个符号相同;

在调制原始消息中第二类信息时使用相同的两个符号表示,其中,

如果前一个原始消息为第一类信息时,两个符号与前一个符号相同,

如果前一个原始消息为第二类信息时,两个符号与前一个符号不同。

## 一种基于逆反射通信的无源光通信装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于可见光通信技术领域,涉及一种基于逆反射的无源光通信装置,可以应用于室内定位技术领域或者室外光通信定位技术领域,还可以应用于停车场管理、反向寻车、门禁管理等涉及物联网的多种技术领域。

### 背景技术

[0002] 可见光通信技术(Visible Light Communication,VLC)是指利用可见光波段的光作为信息载体,不使用光纤等有线信道的传输介质,而在空气中直接传输光信号的通信方式。可见光通信技术相比Wi-Fi、蓝牙、蜂窝网络等基于无线电信号的通信技术来说,具有信号干扰少、防窃听、可用带宽丰富等天然优势。最常见的可见光通信技术基于发光二极管(Light Emitting Diode,LED)的快速开关调制作为信号源的基本单元,通过在室内外配备大型显示屏、照明设备、信号灯和汽车前尾灯来增加信号源的强度和多样性,最后利用光电二极管等光电转换器件接收和解调光信号中承载的信息。基于以上特性和工作原理,可见光通信在基于物联网技术的应用中可以发挥重大作用。但是,在物联网的实际应用中,大部分物联网设备的工作特点是尺寸较小,具备无线通信功能,并且在不需要主动操作的情况下尽可能长时间运行,而且由于万物互联的需求,大部分物联网设备无法通过有线电缆进行供电。因此,如何通过例如太阳能、热能、动能等外部能源为物联网设备供能,从而保证物联网设备的长期无需更换电池的需求,成为当前需要解决的技术问题。

[0003] 在基于可见光通信的物联网设备中,光源占据了大部分的功耗,而且可见光通信的高度定向特性需要两个通信终端之间需要精确的相互定向对准(即相互指向对方)。光束越窄(效率越高),对准的精度就越高。这是实际部署中的障碍。文献[1]Jiangtao Li,Angli Liu,Guobin Shen,Liqun Li,Chao Sun,and Feng Zhao.Retro-vlc:Enabling battery-free duplex visiblelight communication for mobile and iot applications.In Proc.ACM HotMobile,2015公开的通过利用光的逆反射来解决这个问题,也就是说,将光沿着入射路径反射回光源。这种逆反射能够自动实现所有光束精确的相互指向,即使是在通信的一端或两端移动的情况下。此外逆反射能够自然地将点光源发射到逆反射材料表面的所有光线汇集到点光源上。逆反射VLC属于反向散射通信范式,因为标签本身不发光,相反它通过逆反射利用通常由外部供电的读写装置发出的光,如照明灯、汽车前照灯或手电筒,因此减少了功耗的需求。

[0004] 逆反射VLC系统采用普通的逆反射结构,上行可见光通信链路(即从标签到读写装置)采用开关键控(OOK)通信,标签上覆盖有微控制单元(Microcontroller Unit,MCU)控制的LCD驱动器。例如,公开号为CN104715272B的中国专利文献公开了一种以光为介质的后向反射调制标签及读写器系统,包括标签和读写器,所述标签包含一块用于从读写器所发射的光和环境光中获取能量的薄膜太阳能电池板、用于后向反射的后向反射薄膜、用于对光的反射进行调制的液晶光阀、液晶光阀调制电路、用于接收读写器信号的第一光敏二极管,在所述后向反射薄膜上粘贴液晶光阀。所述读写器包含一个用于发射可见光或红外光的

LED、LED驱动和调制电路、微控器、第二光敏二极管。

[0005] 尽管逆反射VLC系统由于具有非常宽的可见光光谱,其光耦合效率通常非常低,例如标签通过太阳能电池板接收读写装置发送的光信号的情况下,光耦合效率通常不到20%,但是通过太阳能电池板能够至少获得数百微瓦的能量。例如,信用卡大小的太阳能电池板通过直接光耦合获得的能量在室内环境中约为数百微瓦。例如,公开号为CN106529645B中国专利公开了一种基于可见光通信的自动识别无源标签,其公开了采用太阳能电池将光能转化为电能输入到无源标签的电源管理系统。该专利文献公开的利用太阳能电池获取信号的原理是:太阳能电池将光信号转化成电信号输入至电容,由于电容具有去直通交的特性,可以通过合理的选取电容以获得太阳能电池输出中的交流信号,并将其输入到光接收机中,实现可见光信号到电信号的转换。该专利使用太阳能电池实现两种功能,一种是收集光能转化为电能进而为标签供电,另一种是需要收集光能的过程中识别读写装置发送的带有信息的光信号。然而,太阳能电池输出的并不是交流信号。事实上太阳能电池接收的光信号包括环境光信号和读写装置发送的光信号,其中环境光信号大部分时间处于幅值缓慢变化的连续状态,而读写装置发送的是具有间隔状态的离散光信号。环境光信号的存在极可能会淹没读写装置发送的光信号,可见太阳能电池输出的电信号由于环境光信号的存在而不会输出具有部分间断特性的交流信号,因而使用电容的去直通交的特性来获取读写装置发送的光信号,显然是不可靠的。尽管能够通过多种电气器件构建相应的电路来检测得到读写装置发送的光信号,但这无疑会增加逆反射单元的功率和体积,导致太阳能电池提供的能量无法维持逆反射单元的能量消耗,因此该专利公开的技术方案无法在太阳能电池收集能量的同时可靠地检测信号。

[0006] 此外,一方面由于对本领域技术人员的理解存在差异;另一方面由于发明人做出本发明时研究了大量文献和专利,但篇幅所限并未详细罗列所有的细节与内容,然而这绝非本发明不具备这些现有技术特征,相反本发明已经具备现有技术的所有特征,而且申请人保留在背景技术中增加相关现有技术之权利。

## 发明内容

[0007] 针对现有技术之不足,本发明提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块和第一光学传感器。所述第一控制模块配置为控制所述第一光学传感器吸收能量的第一状态和识别光的第二状态的交替变换。现有技术中,例如,文献[2]Malik B, Zhang X.Solar panel receiver system implementation for visible light communication[C]//IEEE International Conference on Electronics.IEEE,2016.和文献[3]Wang Z,Tsonev D,Videv S,et al.On the Design of a Solar-Panel Receiver for Optical Wireless Communications With Simultaneous Energy Harvesting[J].IEEE Journal on Selected Areas in Communications,2015,33(8):1612-1623.证明了利用太阳能电池板等光学装置可以在吸收光能为自身供能的同时还可以检测到光信号以实现光通信。但是,本身太阳能电池板相当于低通滤波器,导致接收到的信号会产生一定的畸变,因此要实现同时吸收能量和检测光信号需要相对复杂的设计和更多的电气元件,使得部分能量被浪费而且功耗相对较高。因此本发明通过将吸收能量的第一状态和识别光的第二状态彼此分离,利用单独的第一状态吸收能量,单独的第二状态检测信号,不用考虑

太阳能电池板对光信号的影响,简化了通信装置的整体设计,能够实现接近零功耗的情况下接收光信号,而且还提高了接收光信号的可靠性。此外,尽管不能保持第一状态可能导致吸收的能量有所降低,但是接近零的超低功耗也保证通信装置长时间、无需充电工作。

[0008] 根据一种优选实施方式,所述第一控制模块配置为基于脉冲序列控制第一状态和第二状态的交替变换。

[0009] 根据一种优选实施方式,所述第一控制模块配置为至少基于光的数据传输速率和数据包长度确定所述脉冲序列的占空比。

[0010] 根据一种优选实施方式,在所述第一控制模块通过所述第一光学传感器的第一状态和第二状态交替变换中检测到不同于环境光的光信号的情况下,所述第一控制模块配置为解码第二状态下接收的光信号。

[0011] 根据一种优选实施方式,在所述第一控制模块与第一光学传感器之间设置有开关。所述第一光学传感器通过所述开关分别与储能模块和信号检测模块连接。所述信号检测模块与所述第一光学传感器连接。

[0012] 根据一种优选实施方式,光调制模块设置有用于逆反射光的逆反射模块。所述第一控制模块通过驱动所述光调制模块改变所述逆反射模块逆反射的光的状态。

[0013] 根据一种优选实施方式,所述储能模块至少分别与所述信号检测模块、第一控制模块、光调制模块连接以提供能量。

[0014] 本发明还提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块和第一光学传感器。所述第一控制模块配置为交替变换所述第一光学传感器吸收能量的第一状态和接收光携带信息的第二状态以使接收的光离散化。通过第一状态和第二状态的分离使得第一光学传感器接收的光信号为离散状态,不需要通过模拟数字转换器就能够实现光信号的数字化,简化了通信装置所需的电气元件,进而能够进一步地降低功耗。

[0015] 本发明还提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块和光调制模块。在所述光调制模块因非线性响应导致无法立即改变光的状态的情况下,所述第一控制模块配置为基于光的状态的变化趋势驱动所述光调制模块调制光。

[0016] 根据一种优选实施方式,所述第一控制模块配置为按照以下方式驱动所述光调制模块对原始消息序列进行编码:

[0017] 在调制原始消息中第一类信息时使用两个不同的符号表示,并且第一个符号与前一个符号相同;

[0018] 在调制原始消息中第二类信息时使用相同的两个符号表示,其中,

[0019] 如果前一个原始消息为第一类信息时,两个符号与前一个符号相同,

[0020] 如果前一个原始消息为第二类信息时,两个符号与前一个符号不同。

[0021] 此外,随着我国汽车保有量的不断提升,停车需求不断加大,对于停车场的的需求以及停车场本身的容量需求在不断的增大,由此催生一系列的停车场管理问题,例如找车位难、寻车难、收费效率低下等问题,特别是基于卫星定位的GPS系统难以在封闭的室内环境使用,使得大量的地下、封闭环境的停车场采用类似蓝牙或者超声波的技术手段来实现车或驾驶员的定位。可见光通信技术天然适用于停车场管理,尤其是地下和封闭环境的室内停车场部署了大量的照明设备,只需要在原有照明设施进行改造就能搭建基于可见光通信的停车场管理系统。然而现有技术公开的基于可见光通信的停车场管理系统,无论采用的

是双向通信还是单向通信,均为主动发射可见光进行信息的传递,考虑到可见光穿透性差、空间定向性强的特性,这种主动发射-主动接收的通信模式需要接收两端完全对准才能保证通信的有效性。事实上,这种主动发射-主动接收的模通信式还需要类似透镜组的光学元件来提高收发效率,而光学元件的增设必然会降低设备的可移动性,但是停车场管理是一个综合应用系统,需要解决多个应用场景下的停车管理问题,例如车位状态的检测、预约车位与导航、反向寻车等等,可移动性的降低不仅会导致成本、部署难度的显著增加,而且也不利于反向寻车、导航的实现。更重要的是,这种通信机制没有考虑到多对多或者一对多通信场景的冲突问题,例如一个空闲车位的空闲车位信息同时被至少两辆车辆接收,导致两辆汽车同时锁定同一空闲车位,产生停车冲突的问题。

[0022] 针对以上问题,本发明提供一种基于逆反射通信的停车场智能管理方法,所述方法包括:部署于停车位和/或部署于移动设备的逆反射终端通过将与服务端连接的收发终端周期性地发送的第一光信号和第二光信号逆反射至所述收发终端的方式,使得所述服务器能够获取停车位是否空闲的车位状态信息和/或移动设备的定位信息。第一光信号用于在所述逆反射终端通过接收光信号收集能量的过程中唤醒所述逆反射终端进入引导状态以接收承载所述收发终端发送的信息的第二光信号。第二光信号用于承载所述收发终端发送的信息以及查询所述逆反射终端以解决上下行通信链路冲突。在基于可见光通信实现停车场智能管理的过程中,可见光的双向通信能够实现车主、车位、停车场之间的互通互联,是实现空闲车位的监测、车位引导、反向寻车的关键,而可见光双向通信的实现方式是制约成本、部署难度、车位管理和定位等功能逻辑应用的重要因素。在本发明中,采用逆反射终端被动接收收发终端发送的光信号,并将光信号逆反射至收发终端的方式实现逆反射终端与收发终端之间的双向通信,由于逆反射能够实现将光沿着入射路径反射回光源,因此逆反射能够自动实现所有光束精确的相互指向,即使通信的一端或两端可能移动,它也能够自然地集中从一个点光源到一个与光源配置在一起的汇点的反射面上的所有光。即如果车辆停驻在停车位的情况下,部署在车位处的逆反射终端与收发终端之间光通信链路被车辆所遮挡,那么收发终端无法与逆反射终端进行通行,从而收发终端可以判定该逆反射终端所在的停车位为占用状态;如果收发终端可以与逆反射终端进行通行,那么可以判定该逆反射终端所在的停车位空闲状态。

[0023] 进一步地,逆反射终端在通过能量收集实现自供电的过程中需要及时可靠地捕获收发终端发送的带有信息的光信号,从而实现与收发终端的通信。但是,尽管可以在逆反射终端部署太阳能电池板来实现光电转换为自身供电,进而实现无电池运行。然而,使用太阳能电池板在收集光信号能量的同时对光信号进行检测,可能由于太阳能电池板的低通特性带来信号畸变,或者为克服该畸变问题采用更为复杂设计导致能量的浪费和功耗的增加,因此需要收发终端发送第一光信号唤醒逆反射终端,使得逆反射终端的收集能量状态和解调信号状态彼此分离。此外,在使用第一光信号唤醒逆反射终端后,还可以使用第一光信号监测逆反射终端与其他收发终端任何持续进行的通信会话,从而避免异步上行通信链路冲突。后续第二光信号除了承载收发终端发送的信息外,还可以用于在第一光信号唤醒逆反射终端后的查询操作,从而避免下行和上行链路冲突。通过第一光信号和第二光信号能够解决多对多或者一对多通信场景的冲突问题,进而能够在车流量较大的情况下保证停车场的正常管理和运行。

[0024] 根据一种优选实施方式,所述逆反射终端基于第一频率周期地采集其接收到的光信号的波形,从而实现其收集能量的第一状态和检测第一光信号的第二状态的快速切换。所述第一频率和第一光信号的频率至少满足奈奎斯特采样定理。

[0025] 根据一种优选实施方式,所述方法还包括:所述收发终端预先存储或通过所述服务器获取部署于停车位的所述逆反射终端的地址信息;在单个所述收发终端的通信范围存在至少一个所述逆反射终端的情况下,所述收发终端通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式轮询所述逆反射终端。如果在轮询的过程中所述收发终端成功解码逆反射终端逆反射回的光信号,那么位于该逆反射终端处的停车位处于空闲状态。如果在轮询的过程中所述收发终端未接收到逆反射终端逆反射回的光信号,那么位于该逆反射终端处的停车位处于占用状态。

[0026] 根据一种优选实施方式,在每个停车位处的所述逆反射终端均在至少一个所述收发终端的通信范围内的情况下,通过如下步骤进行停车位状态监测:

[0027] 测量每个所述逆反射终端与每个所述收发终端之间的信号质量;

[0028] 基于所述信号质量将所述逆反射终端分配给所述收发终端;

[0029] 所述收发终端以周期性地轮询分配的逆反射终端的方式获取车位状态信息,并将所述车位状态信息反馈至所述服务器。

[0030] 根据一种优选实施方式,在所述逆反射终端还部署于移动设备的情况下,至少一个所述收发终端通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和位于所述停车位处附近的移动设备处的逆反射终端。在轮询的过程中如果至少一个所述收发终端成功解码逆反射终端逆反射回的光信号,那么至少一个所述收发终端能够识别位于移动设备处的逆反射终端并将其通信状态反馈至所述服务器。所述服务器通过至少一个所述逆反射终端反馈的通信状态确定部署有所述逆反射终端的移动设备的位置与所述收发终端的位置的关系,进而通过至少一个所述收发终端的位置以断点续航的方式获取所述移动设备的实时定位信息并将该信息通过所述收发终端和/或移动网络传送至所述移动设备。

[0031] 根据一种优选实施方式,在所述收发终端部署于移动设备的情况下,移动设备处的收发终端通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和/或停车位周围的逆反射终端。如果在轮询的过程中移动设备处的收发终端成功解码至少一个逆反射终端逆反射回的光信号,那么所述收发终端至少获取至少一个逆反射终端的地址信息并将该信息反馈至所述服务器。所述服务器基于至少一个逆反射终端的地址信息确定移动设备处的收发终端的定位信息。

[0032] 根据一种优选实施方式,所述第二光信号查询所述逆反射终端以解决上下行通信冲突步骤包括:

[0033] 在位于停车位处的逆反射终端识别所述第一光信号进入引导状态之后,解调第二光信号并获取第二光信号内的所述地址信息,并在该地址信息与逆反射终端的地址信息匹配的情况下调制所述第二光信号并逆反射至所述收发终端。在该地址信息与逆反射终端的地址信息不匹配的情况下,所述逆反射终端处于静默状态。

[0034] 本发明还提供一种基于逆反射通信的停车场智能管理系统,至少包括:部署于停车位和/或移动设备处的逆反射终端以及与服务器连接的收发终端。所述收发终端配置为:

通过接收所述逆反射终端逆反射的由其周期性发送的第一光信号和第二光信号,将停车位是否空闲的车位状态信息和/或移动设备的定位信息反馈至所述服务器。第一光信号配置为在所述逆反射终端通过接收光信号收集能量的过程中唤醒所述逆反射终端进入引导状态以接收第二光信号。第二光信号配置为承载所述收发终端发送的信息以及查询所述逆反射终端以解决上下行通信链路冲突。

[0035] 根据一种优选实施方式,所述逆反射终端至少包括:第一光学传感器:用于接收光信号以收集能量和获取光信号波形;储能模块:用于存储所述第一光学传感器收集的能量;信号检测模块:用于将所述第一光学传感器接收的光信号转换为电信号;第一控制模块:解调所述信号检测模块传输的电信号,并基于该电信号生成驱动信号;光调制模块:基于所述第一控制模块生成的驱动信号调制逆反射模块逆反射的光信号。所述逆反射模块配置为能够逆反射所述收发终端发送的光信号。

[0036] 根据一种优选实施方式,所述收发终端至少包括:第二光学传感器:用于接收所述逆反射终端逆反射的光信号;第二控制模块:用于解调所述第二光学传感器传输的所述光信号获取相应的信息,并基于该信息生成调制信息;发光模块:基于所述第二控制模块传输调制信息发送光信号。

## 附图说明

[0037] 图1是本发明的方法的一个优选实施方式的流程示意图;和

[0038] 图2是本发明的系统的一个优选实施方式的模块连接示意图。

[0039] 附图标记列表

[0040] 1:逆反射终端

[0041] 3:收发终端

11:第一光学传感器

[0042] 12:储能模块

13:信号检测模块

[0043] 14:第一控制模块

15:光调制模块

[0044] 16:逆反射模块

31:第二光学传感器

[0045] 32:第二控制模块

33:发光模块

## 具体实施方式

[0046] 下面结合附图1至2进行详细说明。

[0047] 实施例1

[0048] 如图2中右侧模块示意图所示,本实施例提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块14和第一光学传感器11。第一光学传感器11可以吸收光能转换为电能。第一光学传感器11还可以用于接收光信号。例如,第一光学传感器11可以是太阳能电池板。优选地,第一控制模块14配置为控制第一光学传感器11吸收能量的第一状态和识别光的第二状态的交替变换。现有技术证明了利用太阳能电池板等光学装置可以在吸收光能来为自身供电的同时还可以检测到光信号以实现光通信。但是,本身太阳能电池板相当于低通滤波器,导致接收到的信号会产生一定的畸变,因此要实现同时吸收能量和检测光信号需要相对复杂的设计和更多的电气元件,使得部分能量被浪费而且功耗相对较高。因此本发明通过将吸收能量的第一状态和识别光的第二状态彼此分离,利用单独的第一状态吸收

能量,单独的第二状态检测信号,不用考虑太阳能电池板对光信号的影响,简化了通信装置的整体设计,能够实现接近零功耗的情况下接收光信号,而且还提高了接收光信号的可靠性。此外,尽管不能保持第一状态可能导致吸收的能量有所降低,但是接近零的超低功耗也保证通信装置长时间、无需充电工作。

[0049] 优选地,第一控制模块14配置为基于脉冲序列控制第一状态和第二状态的交替变换。优选地,脉冲序列用于控制第一控制模块14保持第一状态和第二状态的时间。优选地,脉冲序列在时间-逻辑值构建的坐标轴上表现为一系列连续的方形波形。用逻辑值来描述为一系列的“1,0,1,0,1,0……”。优选地,逻辑值包括“1”和“0”。优选地,逻辑值“1”可以表示为第二状态。逻辑值“0”表示为第一状态。“1,0”为一个脉冲周期。在一个周期内,逻辑值“1”所占据整个周期的时间为第二状态的占空比。同样,逻辑值“0”所占据整个周期的时间为第一状态的占空比。优选地,第一控制模块14配置为至少基于光的数据传输速率和数据包长度确定脉冲序列的占空比。

[0050] 根据一种优选实施方式,在第一控制模块14通过第一光学传感器11的第一状态和第二状态交替变换中检测到不同于环境光的光信号的情况下,第一控制模块14配置为解码第二状态下接收的光信号。

[0051] 根据一种优选实施方式,在第一控制模块14与第一光学传感器11之间设置有开关。优选地,开关可以是单刀双掷开关。第一光学传感器11通过开关分别与储能模块12和信号检测模块13连接。信号检测模块13与第一光学传感器11连接。优选地,信号检测模块13至少包括低通滤波器和低功耗的比较器。储能模块12可以是超级电容。

[0052] 根据一种优选实施方式,光调制模块15设置有用于逆反射光的逆反射模块16。第一控制模块14通过驱动光调制模块15改变逆反射模块16反射的光的状态。优选地,光调制模块15可以是液晶LCD。光调制模块15可以通过改变光的偏振状态进而改变光的强度。光调制模块15可以采用OOK调制方式调制光信号。

[0053] 根据一种优选实施方式,储能模块12至少分别与信号检测模块13、第一控制模块14、光调制模块15连接以提供能量。

[0054] 实施例2

[0055] 本实施例是对实施例1的进一步改进,重复的内容不再赘述。

[0056] 本实施例提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块14和第一光学传感器11。第一控制模块14配置为交替变换第一光学传感器11吸收能量的第一状态和接收光携带信息的第二状态以使接收的光离散化。通过第一状态和第二状态的分离使得第一光学传感器11接收的光信号为离散状态,不需要通过模拟数字转换器就能够实现光信号的数字化,简化了通信装置所需的电气元件,进而能够进一步降低功耗。

[0057] 实施例3

[0058] 本实施是对实施例1、2及其结合的进一步改进,重复的内容不再赘述。

[0059] 本实施例提供一种基于逆反射的无源光通信装置,至少包括第一控制模块14和光调制模块15。在光调制模块15因非线性响应导致无法立即改变光的状态的情况下,第一控制模块14配置为基于光的状态的变化趋势驱动光调制模块15调制光。在基于逆反射可见光通信中,设置有光调制模块15和逆反射模块16一侧需要具备调制光信号的能力,在实际应用中基于经济成本考虑,希望在逆反射模块16一侧的调制和解调方案简单,避免成本和功

耗提高,从而有利于逆反射模块16一侧的移动性、部署性的提升,同时也利于微型化和长期无电池运行。OOK调制方案简单,不需要额外增加调制成本,天然适用于可见光通信的逆反射光信号的一端。因此,光调制模块15采用LCD进行调制。LCD可以在电场的控制下通过或阻挡光。其原理是LCD是由两个平行设置的偏振器件以及夹在两个偏振器件的液晶材料构成。液晶材料的分子排列能够在电场的控制下发生扭曲,从而改变光的偏振状态。在光束通过液晶材料后,如果光束的偏振方向和偏振器件的偏振方向一致时,该光束能够全部通过偏振器件,其亮度不会发生变化。如果光束的偏振方向和偏振器件的偏振方向不一致时,该光束无法通过偏振器件,其亮度会变暗。因此,当两个平行设置的偏振器件的偏振方向彼此相同,当LCD充电时,光束无法通过LCD;当LCD放电时,光束通过LCD。然而,LCD的液晶分子不能在扭曲状态和非扭曲状态立即切换,即LCD需要一定的响应时间才能改变光束的偏振状态,从而改变LCD的透光度。通常LCD的响应时间在几毫秒范围内,但是几毫秒的响应时间却限制了可见光系统基于OOK调制的数据传输速率。即在使用LCD调制光信号时,需要等到LCD完全切换状态之后才能调制下一个符号。因此使用LCD进行OOK调制时,其调制速度受到LCD的响应时间的限制。LCD的响应时间一般在4ms左右。相应的逆反射可见光系统的数据传输速率一般低于250bps。但是,LCD一旦充电或放电,即使没有完全充电或者放电其透光度也会在短时间内发生变化。从而在接收逆反射光一侧接收到的光电流通过其变化的趋势就能够接收到LCD充电或放电的信息。而且如果该趋势足够大能够在一定的信噪比(SNR)下使得接收逆反射光一侧的通信装置能够识别,那么就能够通过该变化趋势传递信息。因此,本实施例基于LCD透光度发生变化的趋势调制光信号,而不是等待LCD完全充放电进行调制。具体而言,例如当光调制模块15处于完全透明状态时,增加光调制模块15透光度,从而接收逆反射光一侧的光通信装置接收到的波形有一个上升沿。在调制表示光调制模块15处于完全不透光状态时,降低光调制模块15的透明度,从而接收逆反射光一侧的光通信装置接收到波形有一个下降沿。即本发明是通过上升沿或者下降沿来调制信号。相应的接收逆反射光一侧的光通信装置接收到的波形为尖峰状,尖峰状波形包括上升沿和下降沿。

[0060] 根据一种优选实施方式,第一控制模块14配置为按照以下方式驱动光调制模块15对原始消息序列进行编码:

[0061] 在调制原始消息中第一类信息时使用两个不同的符号表示,并且第一个符号与前一个符号相同;

[0062] 在调制原始消息中第二类信息时使用相同的两个符号表示,其中,

[0063] 如果前一个原始消息为第一类信息时,两个符号与前一个符号相同,

[0064] 如果前一个原始消息为第二类信息时,两个符号与前一个符号不同。采用基于趋势的调制方式,不能够传输连续的第一类信息或第二类信息。例如,第一类信息可以用“1”表示,第二类信息可以用“0”表示。即采用基于趋势的调制方式不能够传输具有连续“0”或“1”的消息序列,因为采用基于趋势的调制方式传输这种序列会导致接收逆反射光一侧的通信装置接收到的信号波形中产生直流分量。直流分量很难被放大器捕获,并且容易受到环境光信号的影响。尽管可以采用曼彻斯特编码来解决连续的“1”或“0”,然而,在相同的最小调制频率间隔下,它消耗的带宽大约是原始信号带宽的两倍。本发明使用的编码相比曼彻斯特编码带宽利用率提高了一倍。此外,由于放电持续时间的减少大大降低了信噪比,因此曼彻斯特编码在高速率下表现不佳,例如,在0.5ms的最小放电时间下,曼彻斯特编码在

数据传输速率为1Kbps时,其信噪比损耗为28.6dB,并且比幅移键控(ASK)多出5.1dB的损耗。因此,本发明在调制原始消息“1”时使用两个不同的符号表示,并且第一符号与前一个符号相同。在调制原始消息“0”时使用两个同的符号表示。如果前一个原始消息为“1”时,两个符号与前一个符号相同。如果前一个原始消息为“0”时,两个符号与前一个符号不同。通过该设置方式能够确保编码后的原始消息序列不会出现长序列的“0”或“1”,从而产生直流分量。其次,该设置方式允许编码后的原始消息序列出现2个、3个或者4个连续的“0”或者“1”,与直接发送原始消息序列相比,不需要更小的调制频率间隔,从而码元长度更短,事实上,本发明将码元长度从4ms减少到1ms。通过该设置方式不仅能够实现更高的传输速率,相比于曼彻斯特编码能够提高信噪比和带宽的利用率,从而减少误码率。

#### [0065] 实施例4

[0066] 本实施例是对实施例1、2、3及其结合的进一步改进和解释,用于进一步地说明本发明的能够应用的场景和具体的实施方式。

[0067] 在停车场管理的应用场景中可以通过对原有的电力线和设备进行改造,增设LED节点,或者在原有照明设备的基础上进行改造,来实现可见光通信。但是,从经济、运行、容积率等方面考虑,停车场的整体布局是在面积有限的建筑场地上容纳更多的停车位,导致停车场的结构复杂、建筑阻挡物多,因此需要部署更多的硬件设备来实现双向通信,从而进行更多的信息交互。而且正因为停车场的整体布局比较复杂,例如在室内的多层停车场,无法使用GPS定位或者可能移动设备的网络信号较弱不利于获取定位数据等,这就需要使用可见光通信来获取定位信息来提供诸如预约导航、反向寻车以及自动收费等功能。更重要的是,在实际的应用部署中,应该考虑到相应设备的体积、成本和功耗,从而减少部署难度。

[0068] 本实施例提供一种基于逆反射通信的停车场智能管理方法,如图1所示,方法包括步骤如下:

[0069] S100:部署于停车位和/或部署于移动设备的逆反射终端1通过将与服务端连接的收发终端3周期性地发送的第一光信号和第二光信号逆反射至收发终端3的方式,使得收发终端3能够感知与逆反射终端1之间的通信状态。优选地,为了更好说明本实施例,本实施例以及实施例3将实施例1至3提供的无源光通信装置命名为逆反射终端1。优选地,移动设备可以是用户的手机、平板电脑、移动PC等。逆反射终端1能够无电池工作。在逆反射终端1部署于移动设备的情况下,逆反射终端1可以是信用卡大小,能够以单独的便携式硬件的形式方便车主携带。逆反射终端1还可以是能够与车主的移动设备连接,例如可以通过硬件接口(USB、Type-C、lightning等)与车主的移动设备连接。还可以是通过蓝牙、近场通信(Near Field Communication,NFC)等无线通信技术与车主的移动设备连接。优选地,在逆反射终端1以单独便携式硬件的形式与车主的移动设备连接的情况下,逆反射终端1可以减少某些硬件,例如太阳能电池、储能模块12等,从而逆反射终端1可以通过移动设备进行供电。逆反射终端1还可以通过与移动设备的连接进而与服务端通信。优选地,逆反射终端1可以部署于停车位,例如可以部署在停车位所属区域的地面。优选地,收发终端3可以部署在停车场现有照明设施上,还可以部署在车主的移动设备上,从而可以利用现有设备上的发光模块来发出可见光信号。优选地,收发终端3可以通过有线或者无线的方式与服务端连接。例如在收发终端3部署在照明设施的情况下,可与通过线缆与服务端连接,还可以通过部署无线通信模块(蓝牙模块、WI-FI模块等)与服务端连接。优选地,在收发终端3部署在移动设备的

情况下,还可以通过移动设备的移动网络与服务器连接。

[0070] 优选地,收发终端3周期性地向逆反射终端1发送光信号。逆反射终端1将该光信号逆反射至收发终端3。优选地,周期可以是10ms、50ms或者100ms。优选地,逆反射可以实现将光沿着入射路径反射回光源,因此逆反射能够自动实现所有光束精确的相互指向,即使通信的一端或两端可能移动,它也能够自然地集中从一个点光源到一个与光源配置在一起的汇点的反射面上的所有光。在本发明中,采用逆反射终端1被动接收收发终端3发送的光信号,并将光信号逆反射至收发终端3的方式实现逆反射终端1与收发终端3之间的双向通信,由于逆反射带来的精确指向,因此本发明不需要在收发两端部署透镜组件来实现可见光的对准,减少硬件成本和体积,从而降低部署难度。而且逆反射终端1本身不需要发光,能够显著地降低功耗为其无电池运行提供实现的基础。而且得益于逆反射终端1采用逆反射的方式建立光通信链接,使得逆反射终端1与收发终端3之间的通信链路既具有良好的方向响应特性,又保证了反射方向的集中,因此能够通过逆反射终端1与收发终端3之间可见光通信链路的高度空间定向特性来监测车位的状态。此外,通过以上设置方式能够获取车位被占用的时间信息、位置信息等,进而能够获得停车的费用信息,该信息可以通过服务器传递至移动设备,进而向移动设备(车主)发送收费信息,实现自动收费。

[0071] 优选地,收发终端3周期性发送的光信号至少包括第一光信号和第二光信号。第一光信号用于在逆反射终端1通过接收光信号收集能量的过程中唤醒逆反射终端1进入引导状态以接收承载所述收发终端3发送的信息的第二光信号。第二光信号用于查询逆反射终端1以解决上下行通信链路冲突。进一步地,逆反射终端1在通过能量收集实现自供电的过程中需要及时可靠的捕获收发终端3发送的带有信息的光信号,从而实现与收发终端3的通信。但是,尽管可以在逆反射终端1部署太阳能电池板来实现光电转换为自身供电,进而实现无电池运行。然而,使用太阳能电池板在收集光信号能量的同时对光信号进行检测,可能由于太阳能电池板的低通特性带来信号畸变,或者为克服该畸变问题采用更为复杂设计导致能量的浪费和功耗的增加,因此需要收发终端3发送第一光信号唤醒逆反射终端1,使得逆反射终端1的收集能量状态和解调信号状态彼此分离。

[0072] 根据一种优选实施方式,逆反射终端1基于第一频率周期地采集其接收到的光信号的波形,从而实现其收集能量的第一状态和检测第一光信号的第二状态的快速切换。第一频率和第一光信号的频率至少满足奈奎斯特采样定理。优选地,第一频率为采样频率。事实上逆反射终端1其接收的光信号包括背景光信号和收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号。背景光信号大部分是停车场照明设施发送的照明光,由于其传递信息,因此背景光信号大部分时间处于幅值缓慢变化的连续状态。而收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号为具有间隔状态的离散光信号。背景光信号的存在极可能会淹没收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号。可见逆反射终端1输出的电信号由于背景光信号的存在而不会输出具有明显间断特性的信号,尽管能够通过多种电气器件构建相应的电路来检测得到收发终端3发送的光信号,但这无疑会增加逆反射终端1的功率和体积,导致收集的能量无法维持逆反射终端1的消耗,进而无法实现逆反射终端1的无电池运行。因此,本发明通过周期地采集其接收到的光信号的波形将逆反射终端1能量收集状态和光信号检测状态彼此隔离,使得逆反射终端1不会在收集能量的状态下同时检测收发终端3发送的第一光信号和第二光信号,从而能够实现光信号的可靠检测。奈奎斯特采样定

理表明当采样频率大于第一光信号频率的两倍时,逆反射终端1内的第一控制模块14仍能识别该信号。

[0073] S200:服务器能够获取停车位是否空闲的车位状态信息和/或移动设备的定位信息。优选地,收发终端3能够感知与逆反射终端1之间的通信状态。收发终端3将通信状态反馈至服务器。即如果车辆停驻在停车位的情况下,部署在车位处的逆反射终端1与收发终端3之间光通信链路被车辆所遮挡,那么收发终端3无法与逆反射终端1进行通信,从而收发终端3可以判定该逆反射终端1所在的停车位为占用状态。如果收发终端3可以与逆反射终端1进行通信,那么可以判定该逆反射终端1所在的停车位空闲状态。

[0074] 根据一种优选实施方式,方法还包括:收发终端3预先存储或通过服务器获取部署于停车位的逆反射终端1的地址信息。

[0075] S201:在单个收发终端3的通信范围存在至少一个逆反射终端1的情况下,收发终端3通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式轮询逆反射终端1。如果在轮询的过程中收发终端3成功解码逆反射终端1逆反射回的光信号,那么位于该逆反射终端1处的停车位处于空闲状态。如果在轮询的过程中收发终端3未接收到逆反射终端1逆反射回的光信号,那么位于该逆反射终端1处的停车位处于占用状态。优选地,第二光信号查询逆反射终端1以解决上下行通信冲突步骤包括:

[0076] 在位于停车位处的逆反射终端1识别第一光信号进入引导状态之后,解调第二光信号并获取第二光信号内的地址信息,并在该地址信息与逆反射终端1的地址信息匹配的情况下调制第二光信号并逆反射至收发终端3。优选地,在该地址信息与逆反射终端1的地址信息不匹配的情况下,逆反射终端1处于静默状态。通过以上设置方式,由于收发终端3预先知道逆反射终端1的地址信息,进而可以知道每个部署于停车位的逆反射终端1的ID和部署的停车位的信息,因此可以在第二光信号加载逆反射终端1的ID信息,逆反射终端1可以在解析第二光信号的过程中获取收发终端3发送的地址信息,进而在不匹配的情况下不响应该收发终端3发送的信息,从而避免通信冲突。

[0077] 优选地,收发终端3还可以在第二光信号上不加载地址信息,而逆反射终端1在调制逆反射回的光信号的过程中加载其自身的地址信息。收发终端3在解调该光信号的过程中能够获得该逆反射终端1的地址信息。收发终端3将该地址信息与预先存储的逆反射终端1的地址信息进行匹配。或者是收发终端3将该地址信息反馈至服务器,服务器基于该地址信息与预先存储的逆反射终端1的地址信息进行匹配,进而获取每个逆反射终端1与收发终端3的通信状态。

[0078] S202:在每个停车位处的逆反射终端1均在至少一个收发终端3的通信范围内的情况下,通过如下步骤进行停车位状态监测:

[0079] 测量每个逆反射终端1与每个收发终端3之间的信号质量;

[0080] 基于信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3;

[0081] 优选地,收发终端3以周期性地轮询分配的逆反射终端1的方式获取车位状态信息,并将车位状态信息反馈至服务器。优选地,在管理整个停车场的过程中,需要部署多个收发终端3与多个停车位的逆反射终端1进行通信,而且需要每个停车位的逆反射终端1都在至少一个收发终端3的通信范围内。通过测量每个逆反射终端1与每个收发终端3之间的信号质量,并根据信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3去周期性的轮询,能够保证每

个停车位的逆反射终端1都在至少一个收发终端3的通信范围内,避免部分停车位的逆反射终端1无法被监测。优选地,基于信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3的具体实施方式可以基于信号质量的好坏来进行最优匹配。或者是可以根据信号质量的好坏以及收发终端3与位于停车位的逆反射终端1的位置关系进行最优匹配。优选地,还可以通过指定收发终端3的轮询顺序来保证轮询过程没有冲突。

[0082] S203: 优选地,在收发终端3与逆反射终端1正常通信的状态下还可以获得逆反射终端1的位置信息。优选地,在逆反射终端1还部署于移动设备的情况下,至少一个收发终端3通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和位于停车位处附近的移动设备处的逆反射终端1。在轮询的过程中如果至少一个收发终端3成功解码逆反射终端1逆反射回的光信号,那么至少一个收发终端3能够识别位于移动设备处的逆反射终端1并将其通信状态反馈至服务器。服务器通过至少一个逆反射终端1反馈的通信状态确定部署有逆反射终端1的移动设备的位置与收发终端3的位置的关系,进而通过至少一个收发终端3的位置以断点续航的方式获取移动设备的实时定位信息。优选地,服务器将该信息通过收发终端3和/或移动网络传送至移动设备。优选地,由于收发终端3的位置是固定的,并且其地址信息都存储在服务器内,因此当至少一个收发终端3与移动设备的逆反射终端1通信的情况下,服务器就能够通过收发终端3确定移动设备的逆反射终端1处于该收发终端3的通信范围。优选地,当至少两个收发终端3与移动设备的逆反射终端1进行通信的情况下,服务器就可以通过至少两个收发终端3的通信范围重叠覆盖的部分进一步增加移动设备的逆反射终端1的定位的精度。优选地,断点续航的方式可以是在车主移动的过程中,其移动设备的逆反射终端1与周围的收发终端3不断处于断开和再连接的状态,即当移动设备的逆反射终端1与当前连接的收发终端3断开后,会与其他收发终端3再连接,从而服务器能够通过停车场的收发终端3的断开和连接状态进而获取移动设备的逆反射终端1的实时定位信息和移动轨迹,通过其他的收发终端3的接力连接,实时地确定移动设备的逆反射终端1的定位信息。优选地,收发终端3可以部署在车主的移动设备处。在收发终端3部署于移动设备的情况下,移动设备处的收发终端3通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和/或停车位周围的逆反射终端1。如果在轮询的过程中移动设备处的收发终端3成功解码至少一个逆反射终端1逆反射回的光信号,那么收发终端3至少获取至少一个逆反射终端1的地址信息并将该信息反馈至服务器。服务器基于至少一个逆反射终端1的地址信息确定移动设备处的收发终端3的定位信息。优选地,当移动设备处的收发终端3与停车位的逆反射终端1连接的情况下,逆反射终端1将该信息传递至非移动设备处的收发终端3。该收发终端3获得该信息并传输至服务器,从而可以利用空闲停车位的位置信息来获取移动设备的定位信息。优选地,在空闲停车位较少的情况下,移动设备处的收发终端3还可以与非移动设备处的收发终端3实现双向可见光连接,进而服务器可以通过非移动设备处的收发终端3对移动设备(车主)进行定位。通过以上设置方式,本实施例不需要增设蓝牙、Wi-Fi等无线通信模块或者类似导航屏幕终端等固定显示设施来实现移动设备(车主)的定位。该定位信息可以与地图导航等软件相结合,从而通过服务器传递至移动设备,进而实现定位、导航、反向寻车、引导车位等功能。此外,需要说明的是在干扰的情况下,基于逆反射可见光通信的通信距离也可以保持至少6m左右的通信距离,因此本实施例的定位精度较高,在使用至少两个收发终端3来进行定位的情况下至少能够实现3m级

别的定位精度。

[0083] 实施例5

[0084] 本实施例公开了一种基于逆反射通信的停车场智能管理系统,在不造成冲突或者矛盾的情况下,其他实施例的优选实施方式的整体和/或部分内容可以作为本实施例的补充。

[0085] 一种基于逆反射通信的停车场智能管理系统,至少包括:部署于停车位和/或移动设备处的逆反射终端1以及与服务器连接的收发终端3。优选地,移动设备可以是用户的手机、平板电脑、移动PC等。逆反射终端1能够无电池工作。在逆反射终端1部署于移动设备的情况下,逆反射终端1可以是信用卡大小,能够以单独的便携式硬件的形式方便车主携带。逆反射终端1还可以是能够与车主的移动设备连接,例如可以通过硬件接口(USB、Type-C、lightning等)与车主的移动设备连接。还可以是通过蓝牙、近场通信(Near Field Communication,NFC)等无线通信技术与车主的移动设备连接。优选地,在逆反射终端1以单独便携式硬件的形式与车主的移动设备连接的情况下,逆反射终端1可以减少某些硬件,例如太阳能电池、储能模块12等,从而逆反射终端1可以通过移动设备进行供电。逆反射终端1还可以通过与移动设备的连接进而与服务器通信。优选地,逆反射终端1可以部署于停车位,例如可以部署在停车位所属区域的地面。优选地,收发终端3可以部署在停车场现有照明设施上,还可以部署在车主的移动设备上,从而可以利用现有设备上的发光模块来发出可见光信号。优选地,收发终端3可以通过有线或者无线的方式与服务器连接。例如在收发终端3部署在照明设施的情况下,可与通过线缆与服务器连接,还可以通过部署无线通信模块(蓝牙模块、WI-FI模块等)与服务器连接。优选地,在收发终端3部署在移动设备的情况下,还可以通过移动设备的移动网络与服务器连接。

[0086] 收发终端3配置为:通过接收逆反射终端1逆反射的由其周期性发送的第一光信号和第二光信号。收发终端3将停车位是否空闲的车位状态信息和/或移动设备的定位信息反馈至服务器。优选地,周期可以是10ms、50ms或者100ms。优选地,逆反射可以实现将光沿着入射路径反射回光源,因此逆反射能够自动实现所有光束精确的相互指向,即使通信的一端或两端可能移动,它也能够自然地集中从一个点光源到一个与光源配置在一起的汇点的反射面上的所有光。在本发明中,采用逆反射终端1被动接收收发终端3发送的光信号,并将光信号逆反射至收发终端3的方式实现逆反射终端1与收发终端3之间的双向通信,由于逆反射带来的精确指向,因此本发明不需要在收发两端部署透镜组件来实现可见光的对准,减少硬件成本和体积,从而降低部署难度。而且逆反射终端1本身不需要发光,能够显著地降低功耗为其无电池运行提供实现的基础。而且得益于逆反射终端1采用逆反射的方式建立光通信链接,使得逆反射终端1与收发终端3之间的通信链路既具有良好的方向响应特性,又保证了反射方向的集中,因此能够通过逆反射终端1与收发终端3之间可见光通信链路的高度空间定向特性来监测车位的状态。此外,通过以上设置方式能够获取车位被占用的时间信息、位置信息等,进而能够获得停车的费用信息,该信息可以通过服务器传递至移动设备,进而向移动设备(车主)发送收费信息,实现自动收费。

[0087] 优选地,第一光信号配置为在逆反射终端1通过接收光信号收集能量的过程中唤醒逆反射终端1进入引导状态以接收第二光信号。第二光信号配置为承载收发终端3发送的信息以及查询逆反射终端1以解决上下行通信链路冲突。优选地,逆反射终端1在通过能量

收集实现自供电的过程中需要及时可靠的捕获收发终端3发送的带有信息的光信号,从而实现与收发终端3的通信。但是,尽管可以在逆反射终端1部署太阳能电池板来实现光电转换为自身供电,进而实现无电池运行。然而,使用太阳能电池板在收集光信号能量的同时对光信号进行检测,可能由于太阳能电池板的低通特性带来信号畸变,或者为克服该畸变问题采用更为复杂设计导致能量的浪费和功耗的增加,因此需要收发终端3发送第一光信号唤醒逆反射终端1,使得逆反射终端1的收集能量状态和解调信号状态彼此分离。

[0088] 根据一种优选实施方式,逆反射终端1基于第一频率周期地采集其接收到的光信号的波形,从而实现其收集能量的第一状态和检测第一光信号的第二状态的快速切换。第一频率和第一光信号的频率至少满足奈奎斯特采样定理。优选地,第一频率为采样频率。事实上逆反射终端1其接收的光信号包括背景光信号和收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号。背景光信号大部分是停车场照明设施发送的照明光,由于其传递信息,因此背景光信号大部分时间处于幅值缓慢变化的连续状态。而收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号为具有间隔状态的离散光信号。背景光信号的存在极可能会淹没收发终端3发送的带有信息的第一光信号和第二光信号。可见逆反射终端1输出的电信号由于背景光信号的存在而不会输出具有明显间断特性的信号,尽管能够通过多种电气器件构建相应的电路来检测得到收发终端3发送的光信号,但这无疑会增加逆反射终端1的功率和体积,导致收集的能量无法维持逆反射终端1的消耗,进而无法实现逆反射终端1的无电池运行。因此,本发明通过周期地采集其接收到的光信号的波形将逆反射终端1能量收集状态和光信号检测状态彼此隔离,使得逆反射终端1不会在收集能量的状态下同时检测收发终端3发送的第一光信号和第二光信号,从而能够实现光信号的可靠检测。奈奎斯特采样定理表明当采样频率大于第一光信号频率的两倍时,逆反射终端1内的第一控制模块14仍能识别该信号。

[0089] 根据一种优选实施方式,如图2所示,逆反射终端1至少包括第一光学传感器11、储能模块12、信号检测模块13、第一控制模块14、光调制模块15以及逆反射模块16。优选地,第一光学传感器11用于接收光信号以收集能量和获取光信号波形。储能模块12用于存储第一光学传感器11收集的能量。信号检测模块13用于将第一光学传感器11接收的光信号转换为电信号。第一控制模块14解调信号检测模块13传输的电信号,并基于该电信号生成驱动信号。光调制模块15基于第一控制模块14生成的驱动信号调制逆反射模块16逆反射的光信号。逆反射模块16配置为能够逆反射收发终端3发送的光信号。优选地,第一光学传感器11可是光电二极管或太阳能电池。储能模块12可以是超级电容。信号检测模块13至少包括滤波器和比较器。第一控制模块14至少包括解码器、电源管理以及传输和编码逻辑器。第一控制模块14可以选择型号为MSP430G2403的微程序控制芯片,该芯片包括解码器、电源管理以及传输和编码逻辑器。光调制模块15可以是液晶显示屏LCD。LCD内的液晶材料可以改变光的偏振状态,进而能够控制光的明暗变化,通过光的明暗变化可以实现OOK调制。逆反射模块16可以用逆反射材料制作,例如玻璃珠型或棱镜型的反光材料或者反射织物。优选地,逆反射模块16与光调制模块15可拆卸地连接。可拆卸连接的方式可以是粘接、螺纹连接等。

[0090] 优选地,在逆反射终端1接收光信号的情况下,光信号分别进入第一光学传感器11和光调制模块15。第一控制模块14配置为:监测第一光学传感器11接收的光信号,并在识别第一光信号的情况下,控制第一光学传感器11断开与储能模块12的连接以退出收集能量的

状态,并且通过第一光学传感器11接收第二光信号。本实施例通过第一控制模块14控制第一光学传感器11分别与储能模块12和光调制模块15的连接,能够在物理上将能量收集状态和信号检测状态隔离,即当第一光学传感器11与储能模块12连接的情况下,逆反射终端1处于能量收集状态。当第一光学传感器11与信号检测模块13连接的情况下,逆反射终端1处于信号检测状态。由于超级电容,即储能模块12可能会滤除部分第一光信号,因此第一光学传感器11通过单刀双掷开关分别与储能模块12和信号检测模块13连接。储能模块12通过DC-DC转换器为光调制模块15、第一控制模块14、单刀双掷开关、信号检测模块13提供稳定的直流电能。优选地,逆反射终端1需要在能量收集的状态下及时可靠地识别收发终端3发射的光信号,意味着逆反射终端1需要花费一定的时间来检测信号,虽然花费更多的时间检测信号能够避免逆反射终端1错过第一光信号,但是可能导致能量收集时间减少,即充电时间减少导致充电功率小于逆反射终端1消耗的功率,从而逆反射终端1无法正常工作,因此本发明基于第一频率的脉冲序列通过第一控制模块14来实现能量收集状态和信号检测状态隔离和快速切换。快速切换指的是通过脉冲序列的占空比来控制第一光学传感器11分别与储能模块12和信号检测模块13的连接,即定时短间隔地采集第一光学传感器11获得的波形,使得能量收集状态和检测信号状态交替变换,在尽可能短的时间内来检测信号,其余的时间用来实现能量的收集。事实上,根据奈奎斯特采样定理,当第一频率大于第一光信号的频率的两倍时,第一控制模块14仍然能够识别该信号。优选地,基于脉冲序列的占空比来控制能量收集状态和检测信号状态的切换的方式是:基于第一光信号的频率和所采用的寄生电容和阻抗来设计脉冲序列的占空比;脉冲序列的逻辑值包括“0”和“1”,当脉冲序列处于逻辑值为“0”时,第一控制模块14控制单刀双掷开关使得第一光学传感器11与储能模块12连接,从而使得逆反射终端1处于能量收集状态;当脉冲序列处于逻辑值为“1”时,第一控制模块14控制单刀双掷开关使得第一光学传感器11与信号检测模块13连接,从而使得逆反射终端1处于检测信号状态。优选地,占空比可以是保持逻辑值“1”的时间与周期之间的比值。占空比的取值小于1。优选地,占空比的值为可以设置在0.2~0.5之间。优选地,在逆反射终端1识别第一光信号后,逆反射终端1进入引导状态以便调制第二光信号。直到逆反射终端1将反馈信息调制在逆反射的光信号上之后重新进入收集能量状态与检测信号状态的高频切换。而且,逆反射终端1的大部分时间是处于休眠状态,即处于能量收集状态,通过以上设置能够使得逆反射终端1获得足够的能量。

[0091] 优选地,关于确定第一频率的优选实施方式如下:收发终端3发出的第一光信号的频率为 $Q$ 。那么对于收发终端3两次查询逆反射终端1的时间间隔为 $1/Q$ 。那么在此期间逆反射终端1处于第一状态,即第一频率可以为 $Q$ 。对于收发终端3发送的第一光信号中的数据包的长度可以是 $B_d$ 。数据速率可以是 $D_d$ 。每比特能量的消耗可以是 $J_d$ 。逆反射终端1发送的数据包的长度可以是 $B_u$ 。数据速率可以是 $D_u$ 。每比特能量的消耗可以是 $J_u$ 。那么对于一次查询,即收发终端3向逆反射终端1发送第一光信号,逆反射终端1反射该光信号至收发终端3的总的能量消耗 $J_q = B_d J_d + B_u J_u$ 。同时考虑到第一光学传感器11在逆反射终端1反射光信号至收发终端3的过程中能够通过第一状态获取能量。第一光学传感器11获取能量的功率为 $P_s$ 。因此每次数据查询的过程中能量的消耗为 $J_q^n = B_d J_d + B_u J_u - P_s B_u / D_u$ 。在两次查询之间的时间间隔内,逆反射终端1可以工作于第一状态。那么逆反射终端1总的充电能量

$J_l^n \approx (P_s(1 - \gamma) - P_l)(1/Q - B_d/D_d - B_u/D_u)$ 。优选地,  $\gamma$  是脉冲序列中逻辑值“1”的占空比, 即一个脉冲周期内处于第二状态的时间。 $P_l$  是逆反射终端1在此期间的能量消耗。如果逆反射终端1想要无需供电长期运行, 需要其能量的增量  $\Delta E_C = J_l^n - J_q^n$  大于0。当数据包长度和数据传输速率确定的情况下, 第一光信号的频率的最大值如下式所示:

$$[0092] \quad Q_{max} = 1 / \frac{J_q^n}{P_s(1 - \gamma) - P_l} + B_d/D_d + B_u/D_u$$

[0093] 例如, 第一光学传感器11可以选择面积为7.5mm<sup>2</sup>的太阳能电池板。光调制模块15可以选择面积为7.5mm<sup>2</sup>的LCD。考虑到寄生电容和阻抗,  $\gamma$  选择为35%。储能模块12可以选择为0.22F的超级电容。面积为7.5mm<sup>2</sup>的太阳能电池板在环境光为500Lux的光照度下其 $P_s$ 为132 $\mu$ W。在 $D_d$ 为3Kbps的情况下 $B_d$ 为144b。在 $D_u$ 为1Kbps的情况下 $B_u$ 为128b。那么第一光信号的频率 $Q$ 为0.364Hz, 从而采样频率, 即第一频率为0.364Hz。脉冲序列的一个周期中处于逻辑值“0”, 即逆反射终端1处于第一状态的时间为 $1/Q=2.747$ s。脉冲序列的一个周期中处于逻辑值“1”, 即逆反射终端1处于第二状态的时间为 $\gamma/Q(1-\gamma)=1.479$ s。

[0094] 根据一种优选实施方式, 收发终端3至少包括第二光学传感器31、第二控制模块32以及发光模块33。优选地, 第二光学传感器31用于接收逆反射终端1逆反射的光信号。第二控制模块32用于解调第二光学传感器31传输的光信号获取相应的信息, 并基于该信息生成调制信息。发光模块33基于第二控制模块32传输调制信息发送光信号。第二光学传感器31可以是光电二极管。第二控制模块32可以与第一控制模块14相同。发光模块33可以是LED, 或者是停车场的照明设施, 或者是移动设备的闪光灯。

[0095] 优选地, 服务器配置为能够通过收发终端3反馈的通信状态获取停车位是否空闲的车位状态信息和/或移动设备的定位信息。优选地, 收发终端3能够感知与逆反射终端1之间的通信状态。收发终端3将通信状态反馈至服务器。即如果车辆停驻在停车位的情况下, 部署在车位处的逆反射终端1与收发终端3之间光通信链路被车辆所遮挡, 那么收发终端3无法与逆反射终端1进行通行, 从而收发终端3可以判定该逆反射终端1所在的停车位为占用状态。如果收发终端3可以与逆反射终端1进行通行, 那么可以判定该逆反射终端1所在的停车位空闲状态。

[0096] 优选地, 收发终端3配置为预先存储或通过服务器获取部署于停车位的逆反射终端1的地址信息。优选地, 在单个收发终端3的通信范围存在至少一个逆反射终端1的情况下, 收发终端3配置为通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式轮询逆反射终端1。如果在轮询的过程中收发终端3成功解码逆反射终端1逆反射回的光信号, 那么位于该逆反射终端1处的停车位处于空闲状态。如果在轮询的过程中收发终端3未接收到逆反射终端1逆反射回的光信号, 那么位于该逆反射终端1处的停车位处于占用状态。优选地, 在位于停车位处的逆反射终端1识别第一光信号进入引导状态之后, 逆反射终端1配置为解调第二光信号并获取第二光信号内的地址信息, 并在该地址信息与逆反射终端1的地址信息匹配的情况下调制第二光信号并逆反射至收发终端3。优选地, 在该地址信息与逆反射终端1的地址信息不匹配的情况下, 逆反射终端1处于静默状态。通过以上设置方式, 由于收发终端3预先知道逆反射终端1的地址信息, 进而可以知道每个部署于停车位的逆反射终端1的ID和部署的停车位的信息, 因此可以在第二光信号加载逆反射终端1的ID信息, 逆反射终端

1可以在解析第二光信号的过程中获取收发终端3发送的地址信息,进而在不匹配的情况下不响应该收发终端3发送的信息,从而避免通信冲突。

[0097] 优选地,收发终端3还可以在第二光信号上不加载地址信息,而逆反射终端1在调制逆反射回的光信号的过程中加载其自身的地址信息。收发终端3在解调该光信号的过程中能够获得该逆反射终端1的地址信息。收发终端3将该地址信息与预先存储的逆反射终端1的地址信息进行匹配。或者是收发终端3将该地址信息反馈至服务器,服务器基于该地址信息与预先存储的逆反射终端1的地址信息进行匹配,进而获取每个逆反射终端1与收发终端3的通信状态。

[0098] 优选地,在每个停车位处的逆反射终端1均在至少一个收发终端3的通信范围内的情况下,通过如下步骤进行停车位状态监测:

[0099] 测量每个逆反射终端1与每个收发终端3之间的信号质量;

[0100] 基于信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3;

[0101] 优选地,收发终端3配置为以周期性地轮询分配的逆反射终端1的方式获取车位状态信息,并将车位状态信息反馈至服务器。优选地,在管理整个停车场的过程中,需要部署多个收发终端3与多个停车位的逆反射终端1进行通信,而且需要每个停车位的逆反射终端1都在至少一个收发终端3的通信范围内。通过测量每个逆反射终端1与每个收发终端3之间的信号质量,并根据信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3去周期性的轮询,能够保证每个停车位的逆反射终端1都在至少一个收发终端3的通信范围内,避免部分停车位的逆反射终端1无法被监测。优选地,基于信号质量将逆反射终端1分配给收发终端3的具体实施方式可以基于信号质量的好坏来进行最优匹配。或者是可以根据信号质量的好坏以及收发终端3与位于停车位的逆反射终端1的位置关系进行最优匹配。优选地,服务器还可以配置为通过指定收发终端3的轮询顺序来保证轮询过程没有冲突。

[0102] 优选地,在收发终端3与逆反射终端1正常通信的状态下还可以获得逆反射终端1的位置信息。优选地,在逆反射终端1还部署于移动设备的情况下,至少一个收发终端3配置为通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和位于停车位处附近的移动设备处的逆反射终端1。在轮询的过程中如果至少一个收发终端3成功解码逆反射终端1逆反射回的光信号,那么至少一个收发终端3能够识别位于移动设备处的逆反射终端1并将其通信状态反馈至服务器。服务器配置为通过至少一个逆反射终端1反馈的通信状态确定部署有逆反射终端1的移动设备的位置与收发终端3的位置的关系,进而通过至少一个收发终端3的位置以断点续航的方式获取移动设备的实时定位信息。优选地,服务器配置为将该信息通过收发终端3和/或移动网络传送至移动设备。优选地,由于收发终端3的位置是固定的,并且其地址信息都存储在服务器内,因此当至少一个收发终端3与移动设备的逆反射终端1通信的情况下,服务器就能够通过收发终端3确定移动设备的逆反射终端1处于该收发终端3的通信范围。优选地,当至少两个收发终端3与移动设备的逆反射终端1进行通信的情况下,服务器就可以通过至少两个收发终端3的通信范围重叠覆盖的部分进一步增加移动设备的逆反射终端1的定位的精度。优选地,断点续航的方式可以是在车主移动的过程中,其移动设备的逆反射终端1与周围的收发终端3不断处于断开和再连接的状态,即当移动设备的逆反射终端1与当前连接的收发终端3断开后,会与其他收发终端3再连接,从而服务器能够通过停车场的收发终端3的断开和连接状态进而获取移动设备的逆

反射终端1的实时定位信息和移动轨迹,通过其他的收发终端3的接力连接,实时地确定移动设备的逆反射终端1的定位信息。优选地,收发终端3可以部署在车主的移动设备处。在收发终端3部署于移动设备的情况下,移动设备处的收发终端3通过周期性地至少发送第一光信号和第二光信号的方式同时轮询位于停车位处和/或停车位周围的逆反射终端1。如果在轮询的过程中移动设备处的收发终端3成功解码至少一个逆反射终端1逆反射回的光信号,那么收发终端3至少获取至少一个逆反射终端1的地址信息并将该信息反馈至服务器。服务器基于至少一个逆反射终端1的地址信息确定移动设备处的收发终端3的定位信息。优选地,当移动设备处的收发终端3与停车位的逆反射终端1连接的情况下,逆反射终端1将该信息传递至非移动设备处的收发终端3。该收发终端3获得该信息并传输至服务器,从而可以利用空闲停车位的位置信息来获取移动设备的定位信息。优选地,在空闲停车位较少的情况下,移动设备处的收发终端3还可以与非移动设备处的收发终端3实现双向可见光连接,进而服务器可以通过非移动设备处的收发终端3对移动设备(车主)进行定位。通过以上设置方式,本实施例不需要增设蓝牙、Wi-Fi等无线通信模块或者类似导航屏幕终端等固定显示设施来实现移动设备(车主)的定位。该定位信息可以与地图导航等软件相结合,从而通过服务器传递至移动设备,进而实现定位、导航、反向寻车、引导车位等功能。此外,需要说明的是在干扰的情况下,基于逆反射可见光通信的通信距离也可以保持至少6m左右的通信距离,因此本实施例的定位精度较高,在使用至少两个收发终端3来进行定位的情况下至少能够实现3m级别的定位精度。

[0103] 本发明说明书包含多项发明构思,申请人保留根据每项发明构思提出分案申请的权利。本发明说明书包含多项发明构思,诸如“优选地”、“根据一个优选实施方式”或“可选地”均表示相应段落公开了一个独立的构思,申请人保留根据每项发明构思提出分案申请的权利。

[0104] 需要注意的是,上述具体实施例是示例性的,本领域技术人员可以在本发明公开内容的启发下想出各种解决方案,而这些解决方案也都属于本发明的公开范围并落入本发明的保护范围之内。本领域技术人员应该明白,本发明说明书及其附图均为说明性而并非构成对权利要求的限制。本发明的保护范围由权利要求及其等同物限定。

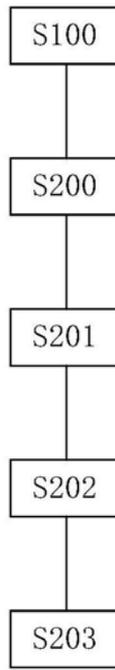


图1

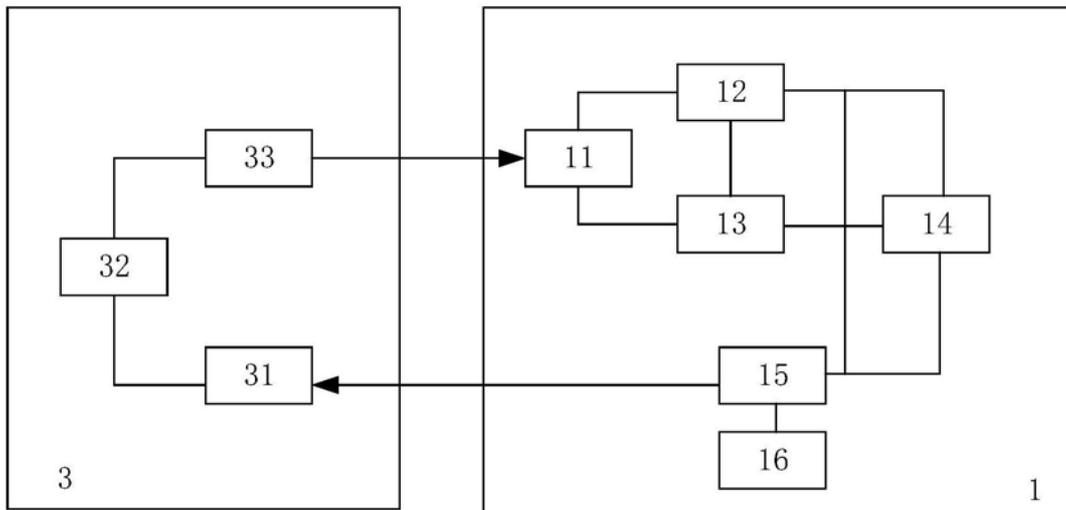


图2