

基于可见光通信的地下车库路径导航系统

于 颖, 薛歆澎, 邹念育, 王金鹏 *

(大连工业大学 光子学研究所, 辽宁 大连 116034)

摘要:针对地下车库内车主寻找车位困难、车位不能有效利用的问题,对现有 LED 照明的车库设计了一种基于可见光通信的地下车库导航系统,利用车库内的 LED 实现对车位的实时监测和车辆入库导航。进行了可见光信号传输测试,结果表明该系统实现了 4m 范围内的信号传输,满足车辆入库导航需求。

关键词:可见光通信; 车库管理; LED

中图分类号: TN929.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-5561(2018)04-0051-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2018.04.014

Route navigation system in underground garage based on visible light communication

YU Ying, XUE Xinpeng, ZOU Nianyu, WANG Jinpeng *

(Research Institute of Photonics,

Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China)

Abstract: In view of the difficulty of parking spaces in the underground garage, the parking spaces can not be effectively utilized, this paper designs an underground garage navigation system based on visible light communication for the existing LED lighting garage, the real-time monitoring of the parking spaces and storage navigation is realized by using the LED in the garage. The paper carries out the visible light signal transmission test, the results show that the system achieves signal transmission within 4m, which meets the needs of vehicle storage and navigation.

Key words: visible light communication; garage management; LED

0 引言

伴随着社会经济的发展、人们生活水平的提高,汽车已经成为我们生活中不可缺少的交通工具,然而寻找车位停车却成了一个大问题^[1]。对于一个地下车库来说,如果没有好的指引,车主只能盲目选择停车位,这就很难快速找到对自己最优的车位,降低了车库的使用效率^[2]。一些停车场针对停车问题采用人工指引车辆进入车位的方式,但该方法造成了人力资源浪费。一些地下停车场考虑到在地下车库中,许多外面的信号接收不到,普通的导航在地下车库中无法发挥作用,因而采用了局部声控^[3]的方式来引导人们

停车,但是在地下车库空旷的环境中,当多辆车进入车库停车时,声控的引导方式极易造成车库混乱。基于此,本文将利用车库内不可缺少的 LED 照明灯来实现一种基于可见光通信^[4,5]的地下车库导航系统。

1 地下停车场的平面模型

为了确定车辆的行驶路径,系统需要将车库的实体样貌抽象成一个平面模型,然后结合已有的蚂蚁算法找到最优路径,车库的平面模型如图 1 所示。

停车场的入口节点设为 s , 出口节点设为 e , 交叉路口节点设为 x_i , 车位节点设为 P_i , 停车场的出入口及各条路径交叉点的集合用 V 表示, 停车场内有效路径的集合用 E 表示。将停车场的模型抽象化为一个有向带权图 $G(V, E)$, 将 V 中任意节点繁忙程度定义为繁忙因子 b_i ^[13], 则停车路径可以看成是从 G 中寻找 P_i , 从 s 开始经过 x_i 到 e 的最短路径 $L_{\min}$ 。路径长度用 d 表示, 则 $L_{\min}$ 为:

收稿日期: 2017-12-05。

基金项目: 国家自然科学基金(61402069、61272369)资助; 2017 年辽宁省自然科学基金项目(20170540059)资助; 2016 年辽宁省教育厅一般项目(2016J205)资助。

作者简介: 于颖(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为光通信技术方面。

* 通信作者: 王金鹏(E-mail: wangjp@dlpu.edu.cn)。

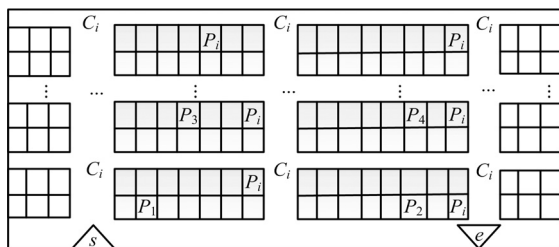


图1 地下车库平面模型

$$L_{\min} = \min\{\min[d(s, P_i)] + \min[d(P_i, e)]\} \quad (1)$$

在车辆寻找路径的过程中,每个路口的繁忙程度不一样,并且在路径的搜索过程中导航系统需要对外界的一些影响作出动态响应。本文采用的蚂蚁算法通过模拟生物界群体觅食行为,能很好地对外界的影响作出动态响应,在道路交通最优路径选择中具有较大的可能性和适应性,且该算法具有分布计算、信息正反馈和启发式搜索的特征,本质上是进化算法中的一种启发式全局优化算法^[13]。蚂蚁选择最短路径的方法与路径上的信息素值有关,信息素值越高,蚂蚁选择该条路径的概率就越大。

首先,计算出从入口 s 到每个空闲车位 P_i 的最优路径 $L_w(s, P_i)$,分别计算从每个停车位 P_i 到出口 e 的最优路径 $L_w(P_i, e)$;然后,计算 $L_w(s, P_i) + L_w(P_i, e)$;最后,对所有的求和路径进行比较,得出最优路径 $L_w(s, e)$ 和目标车位 P 。

在蚁群算法^[6-9]中,车辆根据状态转移到下一节点,对于时刻 t 车辆 k 从节点 a 转移到节点 b 的概率公式 $P_{ab}^k(t)$ 表示如式(2)和式(3)所示。若给定参数 $q_0 > q$ (q 为服从 $[0,1]$ 均匀分布的随机变量),则按式(2)求解,否则按照式(3)求解。

$$P_{ab}^k(t) = \begin{cases} 1, & b = \arg\max(\tau_{ab}(t)\eta_{ab}(t)^\beta) \& b \in next_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$P_{ab}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ab}(t)]^\alpha \times [\eta_{ab}(t)]^\beta}{\sum_{s \in next_k} [\tau_{as}(t)]^\alpha \times [\eta_{as}(t)]^\beta}, & b \in next_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

其中, α 反应了信息素对蚂蚁运动过程的影响,为信息素启发因子; β 反应了路径启发信息对车辆选路的影响,为期望启发因子; $\tau_{ab}(t)$ 表示在 t 时刻路径 (a, b) 的信息素值; $\eta_{ab}(t)$ 为启发函数,表示 t 时刻目标点 b 的能见度; $next_k$ 表示车辆 k 允许选择的所有位置组合;以概率 P 来表示车辆状态转移规则。

当完成一次车辆寻找路径后,蚂蚁算法对所走路径的全局信息素进行更新,引导后续车辆在比较合适

的车位旁边进行搜索,以提高算法速度。为了保证算法对路径的搜索能力,将 τ 的取值范围定位 $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]$ 。 τ 对应的更新公式为:

$$\tau_{ab}(t+1) = \begin{cases} \tau_{\max}, & t=0 \\ \max(\tau_{ab}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ab}(t) + \Delta\tau_{ab}(t), \tau_{\min}), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

其中, ρ 为信息挥发因子,区间范围为 $[0,1]$ 。

在这个算法初期的运算中,信息素值的运行以最大值为标准,加快对所有路径搜索的计算;当选出一条路径后,按照式(4)进行更新计算,将这条路径放入禁忌表中,后续路径选择有意避开这一路径,在这个路径周围进行搜索,提高搜索效率。信息素的增加量 $\Delta\tau_{ab}(t)$ 的计算方法为:

$$\Delta\tau_{ab}(t) = \frac{Q}{\sum_{a \in V} \sum_{b \in V} (b_a + b_b) d_{ab}} \quad (5)$$

其中, Q 为一个固定的正数; b_a, b_b 分别表示 a, b 点的繁忙程度; d_{ab} 表示 ab 两点间的距离。

我们依照图1生成部分有向带权图如图2所示,对模型中标记的4个车位进行模拟计算,每个路口处节点 C_i 对应的数值为(坐标值 x , 坐标值 y , 繁忙因子 b_i)。

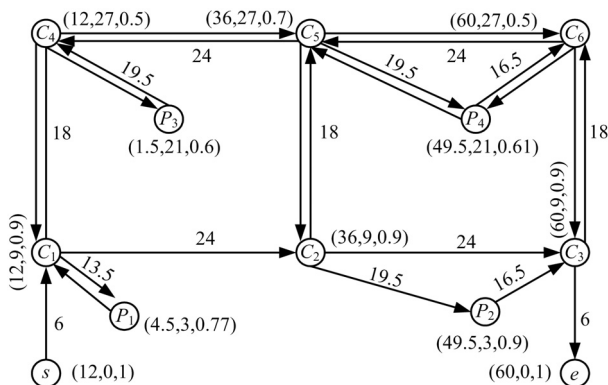


图2 有向带权图

假设入口处的车辆数值 $m=2$, $\tau_{\min}=10$, $\tau_{\max}=100$, $\rho=0.8$, $Q=1$, $q_0=0.3$, 其中 q_0 为给定参数,取值范围在 $(0,1)$ 之间均可,迭代次数为 50,采用蚂蚁算法进行计算,结果如表1所示。

表1 最优路径求解结果

通过蚂蚁算法,找到车库中的最优车位,规划出车辆的行驶路线,进行车辆入库导航。

车位	最短路径	路径长度(m)
P_1	$sC_1P_1C_1C_2C_3e$	93
P_2	$sC_1C_2P_2C_3e$	78
P_3	$sC_1C_4P_3C_3C_6C_3e$	141
P_4	$sC_1C_4C_3P_4C_6C_3e$	114

2 系统通信实验模型

本文设计的路径导航系统以 MSP430 单片机^[10,13]作为主控制器,该系列处理器采用 RISC 指令结构,寻址丰富。通过单片机实现对车辆、车位信息的监测、信号放大倍数等参数配置和执行采样、编码的操作。通过蚁群算法计算后,将得到的规划路径用 MSP430 单片机产生的不同频率的方波信号表示出来;把产生的方波信号调制到 LED 驱动电路上,利用 LED 光源高频闪烁的调制特性,将车要行驶的方向信息加载到光波中;在自由空间进行辐射,利用硅光探测器接收光信号并转换成电信号;经过前置放大电路^[14]进一步放大,通过串行口发送至单片机,最后在液晶屏幕上显示行驶信息。系统的通信结构如图 3 所示。

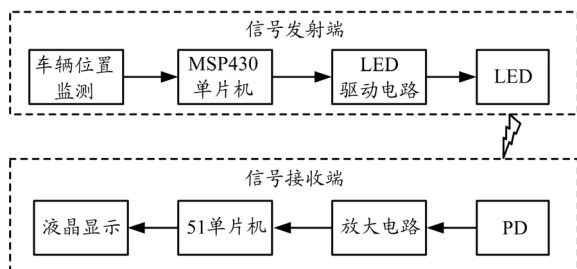


图 3 系统光通信结构图

2.1 车位信息监测

车位信息的采集采用 MSP430 单片机,对车位的监控由 LED 光源、光敏电阻、电源和电压比较器组成的电路来实现。将光敏电阻置于车位中心,LED 光源置于光敏电阻正上方,当有车停在车位时,车辆挡住光源对光敏电阻的照射,光信号被遮蔽,光敏电阻阻值随之增大,同时其两端电压也随之增大。放大器将产生的信号传至电压比较器,转换为单片机能识别的高、低电平信号,将该信号传至单片机上,经处理后在 LED 屏幕上显示,红色块车位表示有车停放,绿色块表示无车停放,以此来实现对车位的监测。

2.2 LED 驱动电路模块

结合实际车库情况,LED 照明灯具的功率都很大,为了保证灯具两端的电压不变,采用电流驱动 LED 的方法。LED 驱动电路模块以 LM324 运算放大器为核心驱动器件,通过 V/I 转换将前级电路的电压变化转换成 LED 的电流变化,以此来提供 LED 光源的

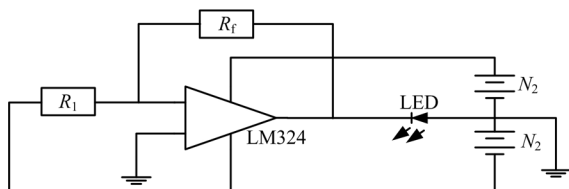


图 4 LED 光源驱动电路

正常工作,LED 光源驱动电路如图 4 所示。电路中对可变电阻 R_f 的调节可以实现对输出量的改变,电路响应速度快。

2.3 前置放大电路

车载接收端由硅光电池、前置放大电路、二阶有源滤波电路以及 51 单片机组成^[11]。其中接收端的前置放大电路作为光信号恢复的关键部分,对接收端的灵敏度有直接影响,进而也会影响信号的传输质量。前置放大电路以 LTC6269-10 器件为核心,该器件具有极低的输入偏置电流和电压噪声,是高速跨阻放大器和高阻抗传感放大器的理想选择,图 5 所示为跨阻抗前置放大电路和二阶有源滤波电路。当车载接收端接收到不同频率的光照时,就会在硅光电池内部产生电流 I_r ,电流经过前置放大电路会将微弱的电流信号放大并转换为电压信号,产生的信号经过滤波电路处理后变成标准的电压信号输入单片机。

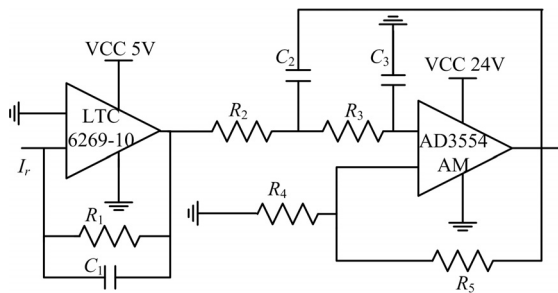


图 5 跨阻抗前置放大电路和有源滤波电路

2.4 调制与编码

实验中,LED 光通信系统中的信号调制采用 OOK 调制^[12],使光输出强度随信号“0”和“1”的不同而改变。通常当 LED 的频率在 50~60Hz 时,由于人眼的视觉暂留现象,不会注意到 LED 灯的高速闪灭。但是,如果给的信号“0”、“1”的时间较长就有可能导致人们察觉到 LED 的亮度变化。因此,本文对信号进行差分曼彻斯特编码,利用差分曼彻斯特编码遇 0 在起始位置跳变,1 不变的规律进行编码,就可以在一定程度上避免 LED 明显的亮度变化。有关差分曼彻斯特的编码方式如图 6 所示。

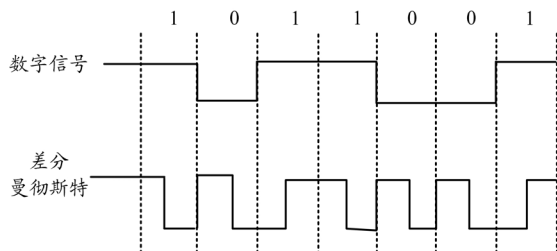


图 6 差分曼彻斯特编码方式

3 路径导航

用运动传感器来判断运动车辆所在的位置,系统通过对空车位信息的获取,通过算法来规划车辆的行驶路径。该路径上对应各节点处的 LED 灯通过发出不同的“0”、“1”组合信号来表示处于该位置车辆的行驶方向。当运动传感器检测到节点下方有车辆运动时,处于该节点上的 LED 发出频率信号。下方车辆上的光探测器接收到信号,将信号在液晶显示器上显示,转换成驾驶员能够识别的指示信息。当车辆离开所在节点,该节点就可以执行系统对后续车辆行驶的指示信息。同理,当车辆驶离停车位置时,传感器检测到车辆的变化,系统为车辆规划好出库路线。路径导航的程序原理如图 7 所示。

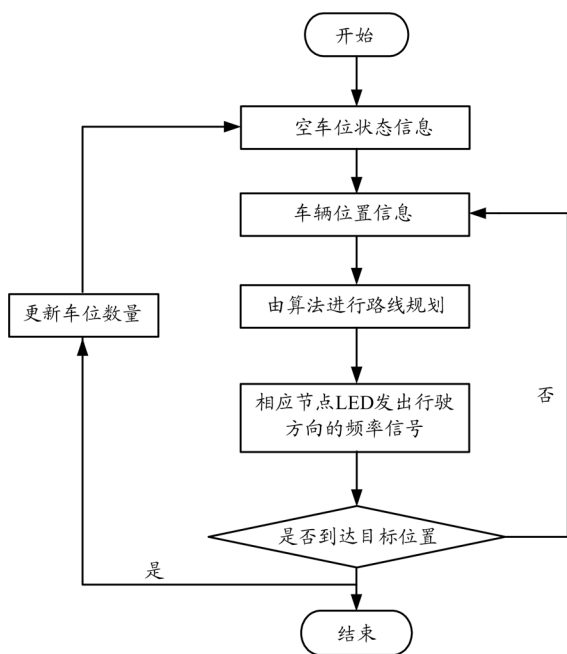


图 7 路径导航流程图

4 实验与讨论

参照 JGJ100-98《汽车库建筑设计规范》的设计标准,为了确保该系统对微型车、小型车、轻型车、客车和货车车库都可以使用。本文将 LED 光源与车载的光电探测器之间的距离设置为 4m 进行测试。将 LED 信号的发射端和光探测器信号的接收端连接在示波器上,观察示波器上是否会出现两个相似的波形。

图 8 为信号传输过程中,利用示波器检测到的发射端与接收端的信号。实验中设定的 4m 距离可以接收到信号,通信性能良好,波形与发出的信号波形几乎一致。因此,可以看出该系统在地下车库具有一定的实际应用意义。

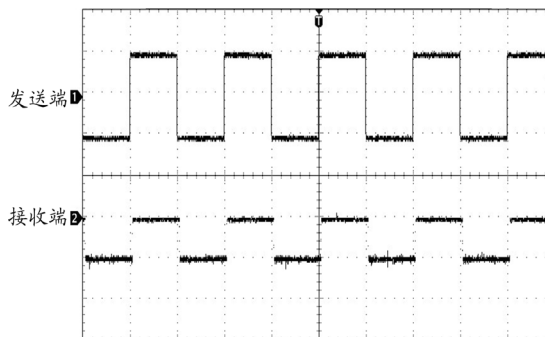


图 8 截取到的发出和接收波形

5 结束语

本文针对目前采用 LED 照明的车库,设计了基于可见光通信原理的地下车库导航系统,该系统有效减少了人们停车时间,避免了人们寻找车位的盲目性,利用车库内必要的 LED 照明来实现基于可见光通信的地下车库导航,也是对能源的再次利用。本系统还应该进一步研究与发展,可以与车库的停车收费功能结合;当车辆多的时候,系统的实时更新及二次寻车的问题有待进一步深入研究。本系统具有较大的市场开发价值。

参考文献:

- [1] 陈鲁,王涛,赵乾. 地下车库灯光导航系统的设计与实现[J]. 信息技术与信息化,2014(1):64-67.
- [2] 鄢秋荣,李昌,王慧,等. 基于可见光通信的多语种同步语音解说系统[J]. 光通信技术,2017,41(10):33-36.
- [3] 甘劲宇,邓健志,程小辉. 可见光通信智能语音教室演示模型[J]. 光通信技术,2017,41(9):31-33.
- [4] 左红红,郭心悦,徐伯庆. 自适应空间调制 VLC 系统研究[J]. 光通信技术,2017,41(8):44-47.
- [5] BAO X, DAI J, ZHU X. Visible light communications heterogeneous network (VLC-HetNet): new model and protocols for mobile scenario[J]. Wireless Networks, 2017, 23(1): 299-309.
- [6] 科尔曼. 算法基础: 打开算法之门[M]. 王宏志,译. 北京:机械工业出版社,2017.
- [11] 康朝红,秦华,刘辉,等. 不同占空比的光双二进制码型实现及传输[J]. 光通信技术,2017,41(1):30-32.
- [12] 黄小珂. 基于蚁群算法的停车场车位引导问题研究 [J]. 软件导刊, 2012(1):64-66.
- [13] 董文杰,王旭东,吴楠,等. 基于 LED 光强的室内可见光定位系统的实现[J]. 光通信技术,2017,41(3):12-15.
- [14] RABADAN J, GUERRA V, RODRÍGUEZ R, et al. Hybrid Visible Light and Ultrasound-Based Sensor for Distance Estimation [J]. Sensors (Basel), 2017, 17(2): 330-1-330-9.