

基于紫外光通信的泊车自动引导系统

叶政鹏,王金鹏*,邹念育,邹爱玲

(大连工业大学 信息科学与工程学院,辽宁 大连 116034)

摘要:针对现有泊车引导系统在车辆引导过程中动态规划效率不高、在不同泊车环境下兼容性差,由此给泊车引导系统可靠性带来较大不利影响的问题,设计了兼容多种泊车环境的基于“日盲”紫外光通信技术的泊车引导系统,在预处理模块中采用路径规划算法提升动态规划效率,利用“日盲”紫外光通信技术对环境兼容性强、不易受环境影响的特点,改善泊车引导系统的兼容性。实验表明:该系统有效地减少了路径动态规划时间、可在多种泊车环境中保证单节点 4m 的有效通信距离,可满足泊车引导系统的基本要求。

关键词:紫外光通信;泊车引导;日盲

中图分类号:TN929.12 文献标识码:A 文章编号:1002-5561(2019)05-0022-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.05.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Automatic parking guidance system based on ultraviolet light communication

YE Zhengpeng, WANG Jinpeng*, ZOU Nianyu, ZOU Ailing

(Information Science and Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China)

Abstract: Aiming at the problem that the existing parking guidance system is not efficient in dynamic planning during vehicle guidance and has poor compatibility under different parking environments, that has a great adverse effect on the reliability of the parking guidance system. This paper designs the parking guidance system based on "day blind" ultraviolet light communication technology in parking environment, adopts path planning algorithm in the preprocessing module to improve dynamic programming efficiency, and uses "day blind" ultraviolet communication technology which has strong environmental compatibility and is not susceptible to the environment to improve the compatibility of the parking guidance system. Experiments show that the system can effectively reduce the path dynamic planning time and ensure the effective communication distance of 4 meters in a single parking environment, which can meet the basic requirements of the parking guidance system.

Key words: ultraviolet light communication; parking guidance; day blind

0 引言

由于近些年来我国居民经济实力不断提升,我国已经成为世界范围内最大的汽车市场。伴随着汽车数量的不断激增,停车场的规模日益增大,环境日益多

收稿日期:2018-11-20。

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:叶政鹏(1995-),男,沈阳人,硕士研究生,就读于大连工业大学信息科学与工程学院光子学研究所,主要研究方向为紫外光通信技术的应用,包括紫外光通信在大气信道和水下信道环境中传输的相关问题。

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



元化。车辆如何有序高效地在停车场停放,已经成为了管理者和驾驶员关注的热门问题^[1]。目前常用的泊车辅助系统多以车位灯光上方灯光的不同颜色标识车位有无车辆进行被动引导,当停车场范围过大,车辆过多时,驾驶员通过目视难以直接寻找到可用车位。现有的主动引导系统研究中比较热门的技术是采用可见光进行通信引导^[2],但当停车场在室外时,不能保证可见光源常亮且室外可见光背景噪声干扰严重,同时主动引导系统的路径规划算法多采用A*算法或蚁群算法,这些算法对于动态重规划的效率低,当停车场内部信息发生变化时,不能快速响应,影响了引导系统的效率^[3]。

为了解决上述泊车引导系统适应性差、动态重规

划效率低等问题,本文提出一种基于“日盲”紫外光通信技术^[4-6]的泊车自动引导系统,借助 D*-lite^[7,8]算法对动态重规划的优秀适应性来提升引导系统效率;利用“日盲”紫外光通信技术受背景光噪声干扰小且本身不具有照明功能、不受其它因素干扰的特点^[9-11],提升引导系统的兼容性与可靠性。

1 系统概述

本系统主要由实时信息采集与预处理模块、紫外光通信模块组成,如图 1 所示。

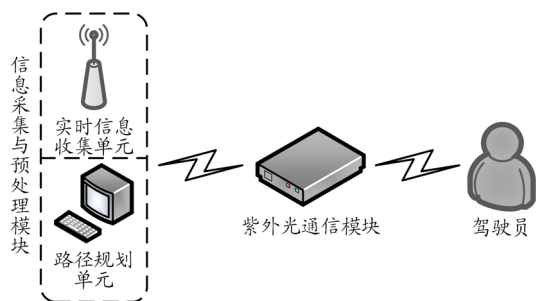


图 1 泊车自动引导系统示意图

实时信息收集单元负责采集停车场内的车位信息传递给路径规划单元,路径规划单元据此通过使用 D*-lite 算法对车辆行进路径进行规划,同时将路径信息通过紫外光通信模块经由无线信道传递给驾驶员,完成泊车自动引导。

本系统设计要求实现单个紫外 LED 节点 4m 范围内的有效通信,通过增加紫外 LED 功率和数目可以增加有效通信距离。若采用节点组网方式,可以有效覆盖大面积区域,实现对大面积室内、室外停车场进行泊车自动引导。

针对紫外光通信系统的生物安全性,本文选取的“日盲”紫外光波长为 265nm,泊车过程内受到的紫外光照射并不会对人体产生危害。

2 信息采集与预处理模块

2.1 实时信息收集单元

本文采用地磁车位传感器模块对泊车位的信息进行实时监测。地磁车位传感器的工作原理是车辆的铁质轮毂、发动机、传动轴和车架等部件对地磁场有扰动作用,通过检测地磁场是否被扰动来判断车位是否空闲。相较于传统的光敏和超声波车位传感器,地磁车位传感器技术适应性更好。光敏车位传感器在地表以上停车场中难以发挥作用,超声波传感器由于倒车雷达的使用使得超声波车位传感器易受到干扰。

2.2 路径规划单元

D*-lite 算法是基于 A* 算法^[12,13]和 Dynamic SWSF-FP^[14]算法思想设计的,针对起点(车辆实时位置)改变而终点(停车位)固定的最优路径搜索,相较于其它算法拥有更高的效率。

D*-lite 算法需要对停车场进行二维平面单元格建模,每个单元格都是具有环境信息的单元格。驾驶员和车辆位于单元格中心,被抽象成单元格中心一点,单元格也是运算和移动的基本单位。图 2 是停车场二维平面单元格模型图,其中灰色阴影是障碍单元格,白色是自由单元格。

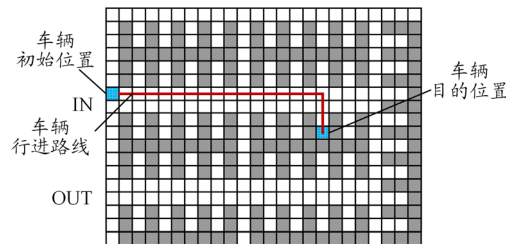


图 2 停车场二维平面单元格模型

A* 算法中最关键的是估价函数 $f(v)$ ^[15]:

$$f(v) = g(v) + h(v) \quad (1)$$

其中, v 表示当前节点或单元格。由于 D*-lite 算法是从终点向起始点搜索,所以 $g(v)$ 是车辆目的位置单元格到当前车辆位置单元格 v 的实际路径代价, $h(v)$ 为当前车辆位置单元格 v 到车辆目的位置单元格的估计路径代价,任意 2 点 (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) 之间的欧几里得距离 ρ 的计算公式为:

$$\rho = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2)$$

D*-lite 算法还引入 LPA* 算法中 $rhs(v)$ 的概念, $rhs(v)$ 表示当前节点 v 到目标节点的最小代价值,其定义如式(3)、式(4)所示。

$$h(v) = \begin{cases} 0, & v = v_{\text{start}} \\ \sqrt{(x_{\text{start}} - x_v)^2 + (y_{\text{start}} - y_v)^2}, & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

$$rhs(v) = \begin{cases} 0, & v = v_{\text{goal}} \\ \min(g(v') + c(v, v')), & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

其中, v' 是 v 的父节点, $c(v, v')$ 表示当前节点 v 到其父节点 v' 的边缘代价值。存放待扩展点的优先队列记为 U , 节点在 U 中按照 k 值排序, k 值是当前节点 v 到目标节点的最小代价估计值,记作 $k(v)$, 拥有最小 k 值的节点选做新的扩展基点。 $k(v)$ 值的计算公式如下:

$$k(v) = \min(g(v), rhs(v)) + h(v) \quad (5)$$

D*-lite 算法将所有单元格的 $g(v)$ 值和 $rhs(v)$ 值初始化为无穷大,然后根据式(2)~式(5),从目标节点

叶政鹏,王金鹏,邹念育,等:基于紫外光通信的泊车自动引导系统

开始计算相邻 8 个单元格的 $g(v)$ 、 $rhs(v)$ 、 $h(v)$ 和 k 值。如果 $g(v)$ 值大于 $rhs(v)$ 值,则将 $rhs(v)$ 的值赋给 $g(v)$,然后选择最小的 k 值作为下一个扩展节点,重复扩展过程。当新的扩展基点 v 和初始节点 v_{start} 是同一点时则规划完成,从当前位置向路径代价最小的单元格移动,形成一条通往目标点的行车路径。当环境信息改变时,更新该单元格的 k 值,再进行计算搜寻新的行车路径,实现对车辆停泊进行自动引导。

D*-lite 算法相较于 A* 算法的优势在于,A* 算法是一种静态的路径规划算法,当环境信息发生改变时,已经规划好的路径信息将无效,必须要进行重新规划。D*-lite 算法是动态的路径规划算法,当环境信息变化时,可以使用之前已经计算好的单元格信息花费更少的时间对路径进行规划。在停车信息随时可能变换的停车场中,显然 D*-lite 算法更加适用。

3 紫外光通信模块

本文“日盲”紫外光通信系统的主要核心器件是微控制单元(MCU),其主要功能是对无线紫外光信号进行调制解调。泊车自动引导系统根据实时收集到的停车场内车辆位置、泊车情况等信息,采用 D*-lite 算法进行计算,得到的路径引导信息被 MCU 调制后通过紫外 LED 驱动电路转为光信号向通信信道传递,紫外光信号被深紫外(UVC)传感器转换为电信号,经放大电路放大后由 MCU 进行解调得到路径引导信息,最后传递给车辆和驾驶员。图 3 是紫外光通信模块原理框图。

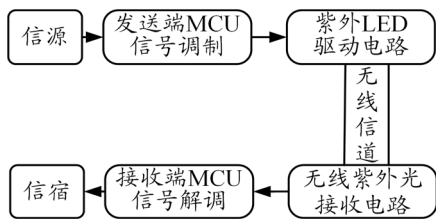


图3 紫外光通信模块原理框图

3.1 紫外光信号的调制

脉冲位置调制 (PPM) 相较于传统的开关键控 (OOK) 方式,拥有更小的光辐射平均功率要求,同时具有更强的抗干扰能力^[6]。

本文采用 4PPM 的调制方式进行紫外光信号调制,以增强通信系统在通信信道中传播的抗干扰能力和稳定性。数字调制电路就是利用编码信号从 INPUT 端输入,控制三极管 Q_1 的导通和截止,从而控制紫外 LED 的导通和截止,实现对光信号的调制。

3.2 紫外 LED 驱动电路

紫外 LED 驱动电路首先采用高精度运算放大器

构成电压比较器,以解决单个三极管驱动 LED 时因三极管通断出现的“拖尾”

现象,电容 C_2 被用来提高驱动电路的开关速率,从而提升驱动电路的高频性能^[17]。 R_4 、 R_5 分别是偏置电阻和可变电阻,用于调节通过紫外 LED 的

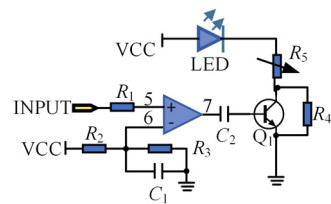


图4 紫外LED驱动电路原理框图

电流。图4是紫外LED驱动电路原理图。

3.3 无线紫外接收电路

车载接收端由 UVC 传感器和前置放大电路组成,信号解调由 MCU 完成。

UVC 传感器^[18,19]首先完成对光信号的光/电转换,经前置放大电路放大成为 MCU 能够处理的电压信号,再由 MCU 进行解调。解调后的车辆路径导航信息最终通过屏幕显示等方式

传递给驾驶员。从而实现泊车自动引导系统中车载无线紫外接收模块的基本功能。紫外接收电路原理如图 5 所示,UV₁ 是 UVC 传感器, R_1 、 R_2 和 R_3 为反馈电阻,放大器选用 MCP6241,电容 C_1 用于降低输入噪声, C_2 用于稳定电源。放大模块的增益公式为:

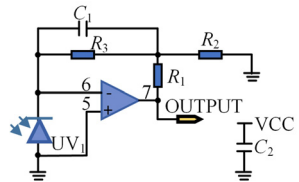


图5 无线紫外接收电路原理图

$$A = R_3 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (6)$$

其中, A 是放大模块的增益,调整合适的 R_1 、 R_2 和 R_3 阻值,以满足实际电路的需求。

4 分析与讨论

图 6 是基于紫外光通信的泊车自动引导系统的紫外 LED 驱动端和无线紫外接收端实物图。图 7 是整体系统物理实验模型图。

本系统采用的紫外 LED 和 UVC 传感器的视场角均为 60° , 采用非直视 (NLOS) 通信链路模

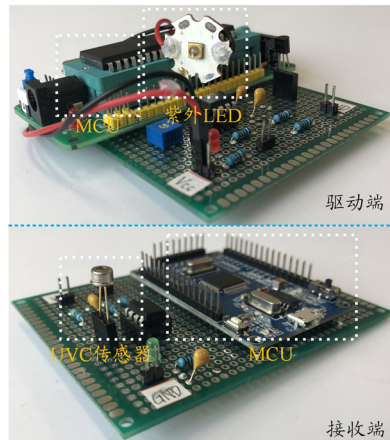


图6 紫外LED驱动端和无线紫外接收端实物图

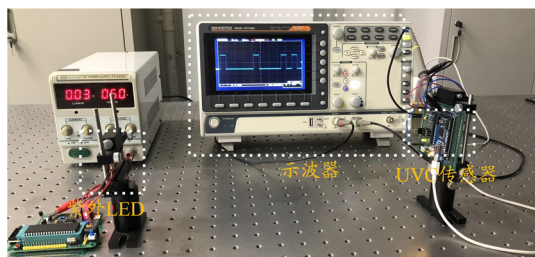
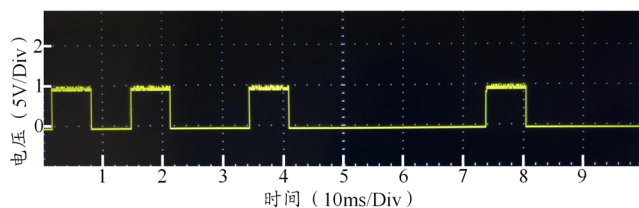


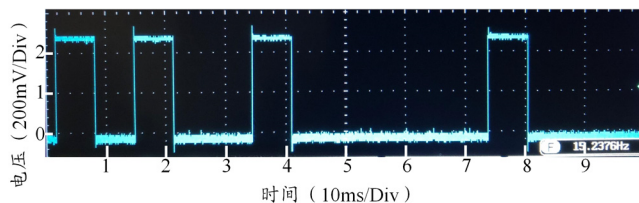
图7 物理实验模型

型进行工作,发送仰角和接收仰角均小于 90° 。单个节点由多个紫外 LED 构成,每个紫外 LED 负责一定扇面区域内的通信。实验过程中,调整驱动端和接收端支架的角度模拟 NLOS 模式进行工作。

泊车导航信息由 MCU 调制后,经过紫外 LED 驱动电路中的 LED 发出,无线紫外接收端的 UVC 传感器负责接收,通过放大电路处理后由 MCU 解调并将信息传递给车辆及驾驶员。图 8 是紫外 LED 驱动端和无线紫外接收端在示波器上显示的波形图。



(a) 紫外 LED 驱动端波形



(b) 无线紫外接收端波形

图8 实验波形图

实验表明:当紫外 LED 驱动端高电平幅值为 5V,紫外 LED 驱动端和无线紫外接收端相距 4m 时,无线紫外接收端接收的信号经放大电路放大后高电平幅值为 400mV,发射信号和接收信号波形仍能保证基本相同,证明本系统在 4m 范围内具有良好的通信性能,可以满足通信需求。

5 结束语

本文针对现有泊车引导系统存在兼容性差、算法效率不高的问题,设计了一套基于“日盲”紫外光通信技术的泊车自动引导系统,采用 D*-lite 算法改进路

径规划效率,使用“日盲”紫外光通信技术提升泊车引导系统的兼容性,尝试提供一种紫外光通信技术在日常生活中的应用方向。该系统仍可以优化发展,可以尝试改变调制方式,从而增加紫外光通信系统的传输可靠性和稳定性。

参考文献:

- [1] 高玉玲,刘诗涵. 基于无线通信的停车场引导系统设计[J]. 中国科技信息,2018(14):63-64.
- [2] 于颖,薛歆澎,邹念育,等. 基于可见光通信的地下车库路径导航系统[J]. 光通信技术,2018,42(4):51-54.
- [3] 张亚楠,孙丰财,史旭华. 基于快速 D* Lite 算法的移动机器人路径规划[J]. 数据通信,2018(1):46-51.
- [4] 唐光华,宋晓峰. 日盲型紫外像增强管的应用及研制进展[J]. 光电子技术,2016,36(3):164-167.
- [5] 杨杰,张晓兵,赵文锦. 紫外光通信用真空型光电探测组件的日盲性能分析[J]. 光电子技术,2014,34(3):154-157.
- [6] 宋鹏,周显礼,赵太飞,等. 紫外光移动自组网节点设计及通信性能分析[J]. 光学学报,2018(3):290-297.
- [7] KOENIG S, LIKHACHEV M. D* Lite [C]//AAAI Spring Symposium Series 2002 (AAAI-02). March 25 - 27, 2002, Palo Alto, California. Palo Alto: AAAI, 2002: 476-483.
- [8] KOENIG S, LIKHACHEV M. Fast replanning for unknown terrain [J]. IEEE Transactions on Robotics, 2005, 21(3): 354-363.
- [9] 李长胜,崔翔. 光学电功率传感器研究综述[J]. 光学学报,2018(3):153-164.
- [10] 刘安良,殷洪玺,吴宾,等. 光载无线通信系统射频信号相移特性研究[J]. 光学学报,2018(5):81-85.
- [11] 梁健,巨海娟,张文飞,等. 偏振光学成像去雾技术综述[J]. 光学学报,2017(4):9-21.
- [12] NILSSON N J. Principles of artificial intelligence [M]. Berlin: Springer, 1982.
- [13] HART P E, NILSSON N J, RAPHAEL B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths [J]. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 1968, 4(2): 100-107.
- [14] RAMALINCAMG, REPS T. An incremental algorithm for a generalization of the shortest-path problem[J]. Journal of Algorithms, 1996, 21(2): 267-305.
- [15] HART P E, NILSSON N J, RAPHAEL B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths [J]. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 1968, 4(2): 100-107.
- [16] 傅玉青. 可见光通信调光编码研究 [J]. 光电子·激光,2018,29(5):492-498.
- [17] 尚建荣. 可见光通信系统驱动电路设计[J]. 光器件,2015(7):24-25.
- [18] 唐光华,宋晓峰. 日盲型紫外像增强管的应用及研制进展[J]. 光电子技术,2016,36(3):164-167.
- [19] 杨杰,张晓兵,赵文锦. 紫外光通信用真空型光电探测组件的日盲性能分析[J]. 光电子技术,2014,34(3):154-157.