

# 基于自适应控制的车灯转动系统的设计

乔海晔

(佛山职业技术学院 电子信息系, 广东 佛山 528137)

**摘要:**针对交通事故多发生在夜间或光线不足的情况,提出一种在现有汽车照明系统中增加近光灯随动系统,有效增加驾驶员的视野范围。设计了一个自适应模糊控制系统,采用自适应系统和模糊控制算法相结合的方法,将方向盘的转动角度模糊化后进入控制系统。实现当汽车转弯时,通过判断车前轮转动的角度,控制器控制车灯亦随车前轮转动的方向转动相同的角度;在车轮的转角小于一定值时车灯的方向自动复位。系统测试结果表明,在汽车转弯时本系统能有效增加驾驶员的视野,即在转弯时驾驶员的视角保持在75度以上,大大减少因转弯驾驶员的视角变窄而发生的交通事故。

**关键词:**自适应控制;角度传感器;论域;隶属度;鲁棒性

**中图分类号:**TP399

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)07-0245-04

## Light Rotation System Design Based on Adaptive Control

QIAO Hai-ye

(Department of Electronics and Information, Foshan Polytechnic, Foshan 528137, China)

**Abstract:** While at night or the light not being sufficient, traffic accidents are more likely to happen. Put forward one kind of the lamp turning with move of steering wheel, it doesn't change the car lighting system, effectively increase the driver's vision scope. Design a adaptive fuzzy control system, combining adaptive system with fuzzy control algorithm, it can convert the angle of steering wheel into fuzzy variables and input to the control system. While the car turns, by judging the angle of the car wheel rotation, the system can control the light also turning the same angle. As the corner of the wheel is less than certain value, the direction of the light can automatically reset. After testing, when car is turning the system can effectively increase the driver's vision, during turning it can keep the driver's perspective is in 75 degrees above, greatly reduce the opportunity of the traffic accident.

**Key words:** adaptive control; angle sensor; domain; membership; robustness

## 0 引言

随着经济和科技的高速发展,汽车以快捷、方便已经作为家庭的主要代步工具,驾驶的安全也随之越来越引起人们的重视。统计数据表明:照明条件良好的道路上的交通事故是没有照明或照明条件不良道路上的30%,发生在夜间的交通事故大约是白天的3倍<sup>[1]</sup>。目前的汽车前灯均为固定的面向正前方,在汽车转弯时,驾驶员的视线存在一定角度的盲区,容易造成交通事故。据调查,人眼视界的视角一般为200度,在左右100度范围内的物体都能感觉到它的存在位置。但实践证明人眼分辨颜色的区域只有70度(即左右各35度)而且随着速度增加,眼睛的视界会越来越窄。据调查数据显示:时速在75公里时人的视界为130度,时速在100公里时视界只有80度。随着外界

光线的变暗,眼睛的视界会更增加<sup>[2]</sup>。本系统实现当夜间行车汽车转弯时,当车轮转动的角度超过8度时,近光灯的方向亦随之转动相同的角度。从而避免转弯时驾驶员看不清转弯处的路面状况而发生意外。

## 1 系统总体设计

本系统通过在车轮转轴处增加角度传感器子系统实现车轮转角的跟踪,将车轮的转动角度转换为电压值传送给主控芯片,经过处理后控制步进电机转动,从而带动近光灯转动。同时在车前端增加光电传感器检测电路模块,适时检测行车环境是否为夜间。系统主要由数据采集系统、信号处理系统、控制及驱动系统、外围辅助电路系统4部分组成,模块图如图1所示。

数据采集系统主要由高灵敏的传感器组成。包括光敏传感器和角度传感器,将光强和标准光强的比对结果转化为相应的电信号,并传送给智能处理系统。智能处理系统对接收的模拟信号进行分析、优化、处理,并将结果发送至控制及驱动系统;控制系统根据信号情况,完成对外围电路的控制和驱动。

收稿日期:2011-12-21;修回日期:2012-03-26

基金项目:佛山市科技发展专项资金项目(2011AA100161)

作者简介:乔海晔(1974-),女,内蒙古人,讲师,硕士,研究方向为系统集成、嵌入式技术。

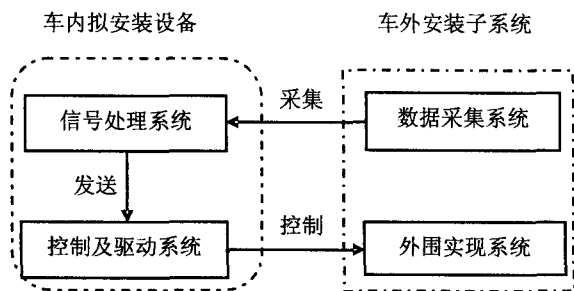


图1 智能车灯系统组成结构图

## 2 自适应控制系统设计

### 2.1 自适应控制

自适应控制是一个能根据环境变化智能调节自身特性的反馈控制系统。以使系统能按照一些设定的标准工作在最优状态。假定被控对象或过程的数学模型已知,在反馈控制和最优控制中系统具有线性定常的特性<sup>[3]</sup>。在工况和条件改变了以后,常规控制器不可能得到很好的控制品质。为了能自动补偿在模型阶次、参数和输入信号等方面的非预知性变化,设计了一种自适应控制系统。自适应系统主要由控制器、被控对象、自适应器及反馈控制回路和自适应回路组成。自适应系统主要有两类,一类是模型参考自适应控制系统;另一类是自校正控制系统,本系统采用自校正控制系统,实现在线辨识对象数学模型的参数,进而修改控制器的参数<sup>[4]</sup>。自校正控制系统模型如图2所示。

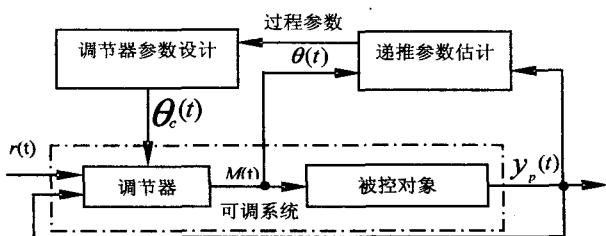


图2 自校正控制系统模型

自适应控制器的设计主要考虑的因素有:稳定性、收敛性、鲁棒性<sup>[5]</sup>。目前对于自适应系统收敛性的结论都是在一些相当强的假设条件下获得的,并且与具体的算法密切相关。使用的收敛性分析方法缺乏普适性,不能推广到稍微复杂的系统模型上。自适应控制系统模型针对被控对象结构已知而参数不确定的情况进行设计,获得的信号特性中不包含寄生高频成分。仿真表明,这种模型可能引起自适应控制系统的不稳定,解决自适应控制的鲁棒性<sup>[6]</sup>。

### 2.2 自适应控制器的设计

汽车转向过程中转向轴的转动角度称为偏差。为了保证系统控制的精度和稳定性,系统采用双端输入单端输出的共模控制系统。即偏差 $E$ 和偏差变化率 $De$ 作为输入量,车灯的转动角度 $P$ 作为输出端的控制

量。

汽车车轮转动时,相对于原始位置,车轮转动到左、右的极限位置时,方向盘转动角度即偏差为 $540^\circ$ 。假设偏差 $E$ 离散为15个点,即论域为: $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$ ;偏差语言变量取9个,即 $\{\text{左大, 左较大, 左中, 左小, 零, 右小, 右中, 右较大, 右大}\}$ ,用符号表示为 $\{ZB, ZV, ZM, ZS, Z, YS, YM, YV, YB\}$ <sup>[7]</sup>。偏差变化率 $De$ 论域同偏差 $E$ 。

转动角度 $P$ 相对参考点转动角度论域为 $\{-35, 35\}$ ,它离散为11个点,即 $\{-5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5\}$ ,输出语言变量取6个: $\{\text{左大, 左中, 左小, 右小, 右中, 右大}\}$ ,即 $\{ZB, ZM, ZS, YS, YM, YB\}$ 。

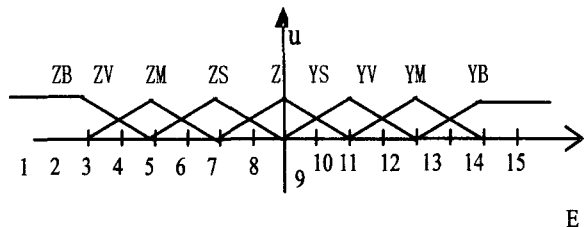
设汽车车轮的转向左边为负,右边为正,则车轮转动角度在 $\pm 35^\circ$ 范围内,转向轴的转向角度为 $\pm 540^\circ$ ,偏差 $E$ 的基本论域为 $\{-540, 540\}$ <sup>[7]</sup>。离散为15个点, $n$ 取7,量化系数 $k_1$ ,由式(1)算得:

$$k_1 = \frac{2n}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{2 \times 7}{540 - (-540)} = 0.01 \quad (1)$$

偏差的变化率是连续非线性的。假设偏差变化率 $De$ 的变化范围为 $\{-5, 5\}$ ,离散为11个点, $n$ 取5,量化系数设为 $k_2$ 可通过式(1)计算为0.009。设测量的偏差变化率实际值为 $D_e$ ,经模糊化后,映射到 $De$ 论域上的点 $N_e$ ,由式(2)计算可得:

$$N_e = \text{INT}(k_2 + D_e + 0.5) \quad (2)$$

若测量的偏差变化率实际值为 $E_e$ ,其模糊化后的论域点 $N_e = \text{INT}(k_1 \times E_e + 0.5)$ 。偏差要经过模糊化后才能进入模糊控制器进行控制。本系统采用等腰三角形模化法确定偏差的隶属度<sup>[7]</sup>。偏差 $E$ 的语言变量模糊划分如图3所示。偏差变化率 $De$ 的语言变量模糊划分和图3类似,只将坐标轴横轴换为 $De$ 即可。当前照近光灯转动的角度高于设定极限值时,左转时偏差 $E$ 为负值,电机反转;反之车轮右转时,偏差 $E$ 为正值,电机正转。

图3 偏差 $E$ 模糊划分

根据转向控制的特点,偏差 $E$ 、偏差变化率 $De$ 、转角 $P$ 之间是一种蕴涵关系 $R = E \times De \times P$ <sup>[7]</sup>,如果偏差比较大,同时偏差变化率也较大时,系统的控制能力较强,相反,若偏差变化率较小时,系统较稳定。根据人对视野角度的要求和适应性,此系统控制规则设计有81条,能满足控制过程的平滑、稳定的要求<sup>[8]</sup>。控制

规则如表 1 所示。

表 1 控制规则表

De \ E	P	PB	PV	PM	PS	Z	NS	NM	NV	NB
PB	PB	PB	PB	PB	PB	PV	PM	PS	Z	
PV	PB	PV	PV	PV	PV	PM	PS	Z	NB	
PM	PB	PV	PM	PM	PM	PS	Z	NV	NB	
PS	PM	PV	PM	PS	PS	Z	NM	NV	NB	
Z	PM	PV	PS	PS	Z	NS	NS	NV	NM	
NS	Z	NS	Z	NS	NS	NS	NM	NV	NM	
NM	Z	NM	Z	NM	NM	NM	NB	NV	NB	
NV	NV	Z	NS	NV	NV	NM	NV	NV	NB	
NB	Z	NB	NS	NM	NB	NB	NB	NB	NB	

输入偏差、输入偏差变化率经模糊化后变为模糊量,假设分别为:  $X_0, Y_0$ 。同时假设输出的模糊量为  $Z_0$ 。则有:  $Z_0 = (X_0 \times Y_0)R$ 。根据给定的偏差模糊量  $E, De$  计算出  $Z$ 。并按系统中心法求得清晰量  $P^{[7]}$ 。清晰量  $P$  的计算公式如式(3) 所示。

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \cup(P_i) P_i}{\sum_{i=1}^n \cup(P_i)} \quad (3)$$

根据控制器的设计,输出量  $P$  为前照近光灯的转动角度,其范围为  $\pm 35^\circ$ 。它的论域离散为 11 个点,  $n$  值取 5。转换比例因子  $k_3 = 90/n = 90/5 = 18$ 。根据模糊规则表推理后,设模糊输出量  $P$  论域上的点  $N_p$ ,实际输出控制量为  $P_s = k_3 \times N_p$ 。

3 转角控制模块设计

3.1 角度传感器

数据采集子系统主要由角度传感器和光敏传感器组成,为控制系统提供处理和决策的原始信息,很大程度上影响和决定系统的性能。角度传感器主要用来检测角度。转轴每转过  $1/16$  圈,角度传感器就会计数一次。同方向转动时计数增加,转动方向改变时计数减少。计数与角度传感器的初始位置有关。当初始化角度传感器时计数值设为 0,车轮位置无转角时重新复位<sup>[9]</sup>。

传动驱动系统要求电机在高精度的状态下低速运行,而且动作频率较高。为了减小传动部分机械磨损而引起控制误差,角度传动子系统采用四环闭环控制,即直流电机直接驱动主轴转动。电流环采用压敏电流传感器,控制精度较高,系统线性曲线比较平稳,能满足系统的要求。速度反馈使用电压和电流负反馈的组合,独立控制。位置环利用直线光栅测量系统进行位置反馈,实现数字闭环,经过细分的光栅信号最小分辨

率为  $0.1''^{[10]}$ 。加速度环和电压环采用模拟闭环。数据采集部分采用同步方式完成采集任务。

汽车方向盘中的主旋转体在转动轴的转动带动下带动副旋转体旋转,主旋转体与副旋转体传动比为  $m : n^{[11]}$ 。本系统采用角度传感器信号调理器 UZZ9001 和磁阻式传感器 KMZ41 构成的电压输出式角度检测电路,电路原理图如图 4 所示。输出电压可送至数字电压表,显示出被测角度值。

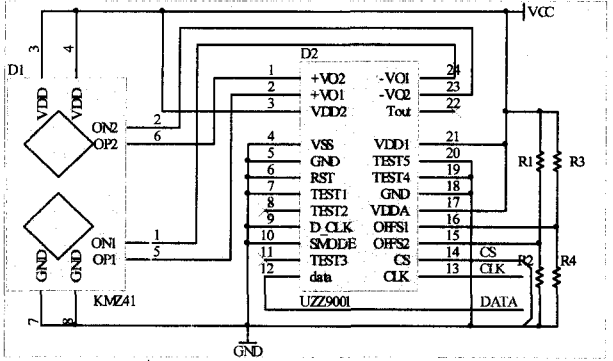


图 4 角度检测电路图

3.2 电机控制单元

步进电机能否正常工作取决于步进电机的速度。速度较低时能够正常工作,若速度高于某给定值可能无法正常启动。选择步进电机时,主要考虑步距角、转矩外的精度,同时还需选择电机的空载启动频率<sup>[12]</sup>。步进电机在空载情况下能够正常启动的脉冲频率称为空载启动频率<sup>[13]</sup>。如果启动频率高于空载启动频率,电机不能正常启动,可能发生丢步或堵转。如果电机带负载工作,启动频率比空载启动频率还要低。要使电机正常启动并达到高速运转,脉冲频率采用线性曲线脉冲,即在启动时频率较低,随着时间的变化,脉冲按照一定的速度增加,直到达到要求的频率为止<sup>[14]</sup>。本系统选取升频升压驱动方式电机。驱动电路采用恒压控制、8 通道逻辑驱动,可以方便驱动 2 个直流电机或单极两相步进电机。同时预留四路驱动接口,保证系统故障的切换,提高系统的可靠性。驱动电路图如图 5 所示。

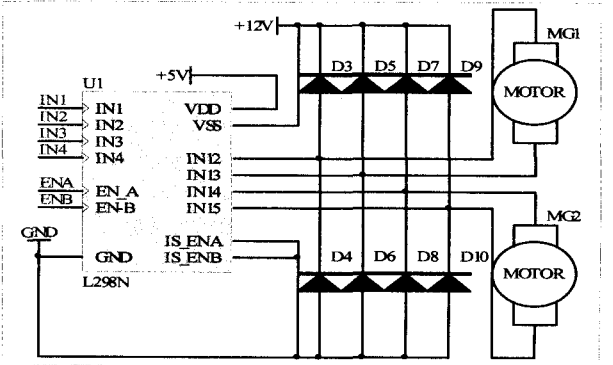


图 5 电机驱动电路

电动机工作时,控制电压不正常时,电动机转到某一固定位置停止,根据直流电机稳态运行方程如式(4)。

$$U = C_e \cdot \Phi \cdot N + R_a \cdot I_a \quad (4)$$

其中: $\Phi$ 为电机每极磁通量, $C_e$ 为电动势常数, $N$ 为电机转数, $I_a$ 为电枢电流, $R_a$ 电枢回路电阻。在图5中,EN\_A、EN\_B为电机主要控制引脚,当EN\_A、EN\_B为低电平时,电机不工作。当EN\_A、EN\_B为不同相时,电机正转或反转。同时为高电平电机刹停<sup>[15]</sup>。为防止运行时间过长可能使电机烧坏。利用输入信号加大延时脉冲的频率。保证电机正常启动、工作。

#### 4 结束语

该系统设计了一个车灯的随动系统,在不改变已设计照明系统的前提下,在方向盘转动时车灯随之转动。本系统将自适应系统和模糊控制算法相结合,将方向盘的连续转动数据模糊化后进入控制系统,解决了不同步和自动复位的问题。经试验,该设计和已有的系统相比,汽车在拐弯时驾驶员的视野范围不减小,有效的避免和减少交通事故的发生。

#### 参考文献:

- [1] 陈建林. 基于驾驶模拟器的汽车 AFS 系统控制策略研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2009.
- [2] 刘建勋,邓天民,杨磊. 汽车前照灯随动转向规律分析与研究[J]. 客车技术与研究,2008(3):9-13.
- [3] Jin Qibing, Liu Siwen, Quan Ling. Internal Model Control Based on Singular Value Decomposition and Its Application to Non-square Processes[J]. Acta Automatica Sinica,2011(3):

102-105.

- [4] 董宁. 自适应控制[M]. 北京:北京理工大学出版社,2009:183-187.
- [5] 谢瑞和,杨明. Motorola 68HC08 微控制器与嵌入式系统基础[M]. 北京:清华大学出版社,2003:164-168.
- [6] Li Zuo, Li Bin, Zhu Xuedan. Fuzzy Self-adjusting PID Controller Design and Simulation[J]. Control and Instruments in Chemical Industry,2010(3):25-28.
- [7] 袁慧彬. 汽车前照灯转角模糊控制设计[J]. 四川职业技术学院学报,2009,19(2):116-117.
- [8] Bonchis A, Corke P I, Rye D C. Variable structure methods in hydraulic servo systems control[J]. Automatica,2001,37:589-595.
- [9] 吴昇冉,王启志. 基于 LabVIEW 的模型参考自适应控制的实现[J]. 计算机技术与发展,2008,18(11):180-182.
- [10] 陈书剑,徐峰,褚渊. 高精度角度传感器自动标定系统[J]. 仪表技术与传感器,2006(8):15-19.
- [11] 陈池来,梅涛,汪小华,等. 用于汽车方向盘转角的测量方法:中国,200810126440[P]. 2008-10-29.
- [12] Xu Ying, Zhang Tao, Zhang Rong. Optimization design on multi-blade capacitive angular sensor[J]. Control and Instruments in Chemical Industry,2003(4):69-71.
- [13] Ni Hongfei, Zhong Junbin, Sun Yugang. A Research of Shift Strategy for Improving Shift Quality of AMT Vehicle Based on Engine Torque Control[J]. Automobile Science & Technology,2010(3):51-54.
- [14] 吴栋念,唐慧强. 基于 LPC2148 的步进电机调速和测速系统设计[J]. 电子设计工程,2010,18(10):54-56.
- [15] 林阳,蒋珉,柴干. 基于模糊控制的微车辆换道模型的研究及仿真[J]. 计算机技术与发展,2009,19(11):250-253.

(上接第 244 页)

汉字自动化处理。

#### 参考文献:

- [1] 王红玉. 基于网上阅卷的 OMR 扫描图像识别系统的设计与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2007.
- [2] 高育鹏,杨俊,何广军. 基于图像识别的自动阅卷系统研究[J]. 现代电子技术,2006,30(11):119-127.
- [3] 张香让. 击中/击中不中变换在标准答题卡分割中的应用[J]. 计算机应用,2004,24(10):141-144.
- [4] Castleman K R. Digital Image Processing[M]. [s.l.]:Prentice-Hall International, Inc., 1988.
- [5] 李志荣,杨丹,周奇. 基于模板匹配的脱机手写数字识别研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报,2009(4):84-88.
- [6] 杨淑莹. 模式识别与智能计算:Matlab 技术实现[M]. 北

京:电子工业出版社,2008.

- [7] 戴建辉. 自由手写体数字识别系统的设计与实现[D]. 武汉:武汉科技大学,2009.
- [8] 洪沛霖. 基于改进模拟退火算法的手写体数字识别[J]. 计算机技术与发展,2007,17(9):15-18.
- [9] Pandya A S, Macy R B. Pattern Recognition with Neural Networks in C++[M]. [s.l.]:IEEE Press,1999:156-172.
- [10] 张充. 基于 BP 神经网络的手写体数字识别[J]. 计算机技术与发展,2008,18(6):128-130.
- [11] Abu-Mostafa Y S, Psaltis D. Recognition aspects of moment invariant[J]. IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell., 1984,6(6):698-706.
- [12] 夏国恩,金炜东,张葛祥,等. 基于组合特征的手写体数字识别方法[J]. 计算机应用研究,2006,27(6):170-172.