

一种用于 AFS 的半实物仿真平台^①

林国余¹, 王 东¹, 姚 平²

¹(东南大学 仪器科学与工程学院, 南京 210096)

²(苏州沃泰克通信技术有限公司, 苏州 215123)

摘要: 为了给自适应前照灯系统 (Adaptive Front-Lighting System, AFS) 提供一个控制算法验证平台, 开发了一套基于汽车驾驶模拟器的 AFS 半实物硬件仿真平台。在该仿真平台中, PC 机采集驾驶模拟器的档位、油门、离合、刹车、方向盘等驾驶信息, 由车辆动力学模型模拟实际车辆行为, 采用 AFS 控制模型计算车灯转角控制量, 并发送至电机驱动模块进而控制车灯转动, 同时将车灯转角信息反馈至 PC 机。实验表明, 该系统能实时记录和显示 AFS 工作过程中的多种参数, 便于进行实验观察和数据分析, 从而为 AFS 系统的控制算法提供一个检验和修正的平台。

关键词: 自适应前照灯; 驾驶模拟器; 车辆动力学模型; 半实物仿真平台

Semi-Physical Simulation Platform for AFS

LIN Guo-Yu, WANG Dong, YAO Ping

¹(School of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

²(Suzhou Votex Communication Technology Co. Ltd., Suzhou 215123, China)

Abstract: To provide a platform for control algorithm of AFS(Adaptive Front-Lighting System), a semi-physical simulation platform for AFS based on vehicle driving simulator is presented. On the simulation platform, the signal of gear, throttle pedal, clutch pedal, brake pedal and steering wheel of vehicle driving simulator is sampled by PC, and with which the vehicle dynamics model is introduced to simulate the vehicle behavior. Then, the angle of the car front light should be rotated and calculated with the AFS control model, and is later sent to the motor driving model. Next, the actual turning angle of front light is returned to PC. The experiments show that with the semi-physical simulation platform, many parameters can be recorded and displayed, and it helps to make experiment observation and data analysis. It provides a convenient testing platform for control algorithm of AFS.

Key words: adaptive front-lighting system; vehicle driving simulator; vehicle dynamic model; semi-physical simulation platform

自适应前照灯系统 (AFS) 是一种汽车主动安全技术的一个应用, 它根据车辆当前行驶信息 (如车速、车辆姿态、转弯角度等) 和外界环境 (如弯道、坡度和天气等) 的变化自动调节车灯的照射距离和角度, 以实现各种道路条件下的汽车安全照明^[1,2]。目前 AFS 系统在国内外得到了高度的重视, 日本、欧洲, 美国等著名汽车厂商都纷纷推出了自己的 AFS 系统, 并作为其高档系列轿车的标配, 比如 BMW5 系、奔驰 E 级、奥

迪 A8 以及凌志 R 系列等高档车型等等^[3-5]。AFS 系统研究分为两个阶段, 第一阶段是 AFS 硬件平台设计和控制器设计阶段, 第二阶段是实车验证阶段。在第二阶段, 由于牵涉到车辆多种驾驶信息和车灯控制, 因此直接从第一阶段过渡至第二阶段存在一定的危险。为此本文设计了一种基于汽车驾驶模拟器的 AFS 系统半实物硬件仿真平台, 在该半实物仿真平台中, 实际车辆的各种驾驶信息如油门/离合/刹车踏板, 方向盘,

① 基金项目: 苏州市科技发展计划(SG0956)

收稿时间: 2010-12-31; 收到修改稿时间: 2011-02-25

档位等将由汽车驾驶模拟器提供，并通过车辆动力学模型模拟实际车辆，通过 AFS 控制模型输出车灯转动控制量，同时获取车灯转角反馈信息，从而构成了 AFS 系统的半实物硬件仿真平台，从而为 AFS 系统控制策略研究和算法设计验证奠定必要的基础。

1 系统总体构成

自适应前照灯系统的半实物仿真平台系统结构框架如图 1 所示。系统由四个部分组成，分别是电机驱动模块、AFS 控制器、驾驶模拟器硬件平台以及 PC 机仿真算法软件。其中 AFS 控制器和电机驱动模块实际上构成了一套完整的主从式 AFS 系统，两者之间采用 LIN 总线作为通讯链路；AFS 控制器和 PC 机之间通过 CAN 总线进行通讯。

驾驶模拟器能够较为真实反映出真实的驾驶环境，从而能够在实验室环境内为 AFS 系统提供一个较为真实的仿真平台。驾驶模拟器是一套能够模拟实车环境的机构，具有方向盘，转向灯，离合/刹车/油门踏板，档位等机械结构和传感器，显示器和 PC 机。PC 机上安装有基于 PCI 的专用数据采集卡，用于采集油门/刹车/离合踏板、档位和方向盘转角等驾驶信号；同时还装有 CAN 通讯卡，用于和 AFS 控制器进行双向通讯。

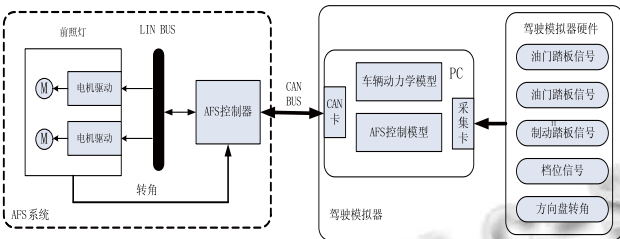


图 1 半实物仿真平台结构框图

半实物仿真平台的工作流程如下：用户在驾驶模拟器上进行模拟驾驶，PC 机上的采集程序通过专用数据采集卡采集驾驶模拟器上的油门踏板、刹车踏板、离合器踏板、档位和方向盘转角等信息，通过车辆动力学模型模拟出车辆的姿态信息，并传入 AFS 控制模型计算车灯转角控制信息；接着 PC 机通过 CAN 总线将车灯转角控制信息传输至 AFS 控制器，AFS 控制器又通过 LIN 总线将其信息转发至电机驱动模块，驱动步进电机运动，同时将车灯的实际转角信息通过 CAN 总线反馈到 PC 机中。

2 AFS 硬件平台设计

2.1 AFS 控制器

在实际 AFS 系统中，AFS 控制器功能是通过 CAN 总线采集方向盘转角、车速和前后轴高度等数字信息，经 AFS 动力学模型解算，获得期望的前照灯转动角度，然后将其通过 LIN 总线发给车灯的电机驱动模块。而在 AFS 半实物仿真平台中，AFS 控制器的功能发生转变，仅仅起到 CAN/LIN 网关的作用，它通过 CAN 总线接收 PC 机传来的电机控制信号，然后通过 LIN 总线转发至电机驱动模块，同时采集车灯转角并通过 CAN 总线反馈至 PC 机。

根据上述要求，AFS 主控模块中的 MCU 控制器选用的是 FreeScale 公司汽车级 8 位微处理器 S9S08DZ60，该款芯片提供了完整的 LIN 与 CAN 的软、硬件平台，用户可在此平台上方便的搭建起 LIN 和 CAN 网络。芯片内置 MSCAN 模块，支持 CAN2.0A 和 CAN2.0B 协议，可直接和车内 CAN 总线上其他设备进行通信。S9S08DZ60 中的两个 SCI 模块可支持 LIN 2.0 协议和 SAE J2602 协议，支持全双工通讯，可用于和电机驱动模块通信。S9S08DZ60 芯片通过汽车级的质量认证，比其他芯片更能承受如强震动、高电磁干扰的车载环境。

CAN 总线收发器采用 NXP 公司的 TJA1040，该款芯片是 CAN 协议控制器和物理总线之间的接口，其速度可达 1Mbps，完全符合 ISO11898 标准，支持 3.3V 和 5V 两种电压，并能在汽车环境下对总线引脚进行保护抗瞬间干扰。图 2 为本系统中 TJA1040 和 MCU 之间的电路原理图。在 CAN 总线中距离最长的两个节点上，要在 CAN_H 和 CAN_L 之间接上 120 欧姆的电阻，如图 2 中的虚线部分所示。

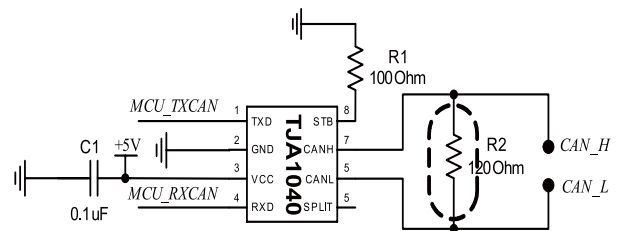


图 2 TJA1040 和 MCU 的电路连接原理图

LIN 总线收发器采用的 Freescale 公司的 MC33661，是专用于 LIN 总线的单线物理接口器件。该器件功耗非常低，可控制外部稳压器，完全符合 LIN

规范, 高速模式下最高传输速率可高于 100Kb/s, 抗干扰能力强。图 3 列出了本系统中 MC33661 和 MCU 的电路连接原理图。EN 引脚直接与 MCU 的 I/O 口相连, 用于选择 MC33661 的工作状态, 当 EN=1 时, MC33661 使能, 进入正常工作模式; 当 EN=0 时, MC33661 禁止, 进入睡眠状态, 从而达到减小功耗的目的。WAKE 引脚接上高电位 ($>V_{sup}/2$) 时, 将芯片从睡眠状态中唤醒。通信接收引脚 RX 和发送引脚 TX 分别与 MCU 的串行通信接口 (SCI) 相应连接, 以完成通信功能。由于该电路内部在 LIN 引脚与 V_{sup} 引脚集成了上拉电阻和串联二极管, 所以总线从节点不需要外置上拉元件。但对于主节点, 则必须在外增加 $1k\Omega$ 的上拉电阻器, 并且要串联一个二极管, 以防止掉电时 MC33661 通过总线上电, 如图 3 中虚线部分所示。

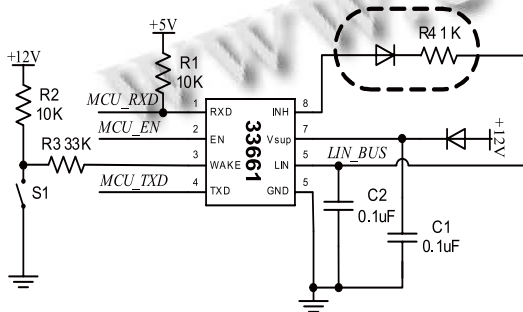


图 3 MC33661 和 MCU 的电路连接原理图

2.2 电机驱动模块

电机驱动模块的主要功能是通过 LIN 总线接收主控模块传递来的转角控制信息, 驱动步进电机来实现前照灯角度的实时动态变化, 从而达到“车灯随动”的目的。

每个前照灯执行机构由两个步进电机 (纵倾和横向) 构成, 步进电机具有输出力矩较大, 响应速度快且可以调节、寿命长、噪音低, 控制精度高的特点, 适用于较高精度的车灯位置控制。本系统采用了 Freescale 公司的 908E625 集成驱动模块, 其内置电源模块、控制器、LIN 总线收发器和步进电机驱动器。其主要特性有: 高达 880mA 的峰值电流输出; 集成 M68HC908EY16 内核, 可独立编程, 能方便实现步进角细分、减速算法等复杂功能; 内嵌 4 个半桥电路用于驱动 1 个步进电机。利用其步进角细分的功能, 可以使得本系统的位置精度达到 0.1° 左右。其电路原理图如图 4 所示。

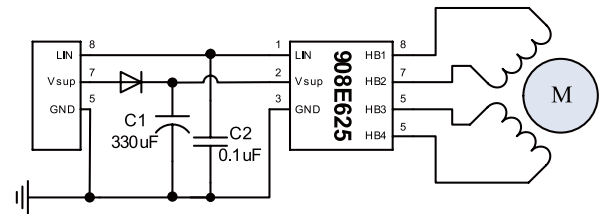


图 4 908E625 电路原理图

3 仿真系统软件设计

AFS 的半实物仿真平台的软件运行在 PC 机上, 包括信号采集监控单元和动力学仿真单元, 运行平台为 windows 操作系统, 信号采集监控单元用于采集、显示和存储传感器信号、反馈信号和一些中间数据; 动力学仿真单元主要功能是模拟车辆动力学过程和执行 AFS 控制策略。

3.1 信号采集监控单元

信号采集监控单元的软件流程如图 5 所示。根据仿真系统对监控的要求, 信号采集监控单元应具备实时采集、显示和存储的功能, 其信号采样频率应不小于 50hz, 由于仿真系统运行于 windows 系统下, windows 定时器的定时精度达不到该要求, 为此, 我们采用更高精度的多媒体定时器进行定时数据采集, 其频率设置为 10ms, 满足仿真系统实时性要求。每隔 10ms, windows 自动调用定时回调函数, 在该函数中完成驾驶模拟器的传感器信号采集、滤波解算、数据曲线显示以及数据存储功能。

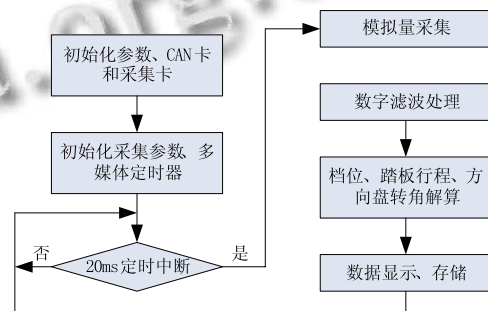


图 5 信号采集监控单元软件流程图

3.2 动力学仿真单元

动力学仿真单元的组成如图 6 所示, 主要由车辆动力学模型单元和 AFS 控制模型单元构成, 而车辆动力学单元划分为道路模型, 车速模型, 车辆悬架系统模型和车辆转弯模型等, 其中道路模型采用基于白噪声滤波方法建立路面随机激励的时域模型^[6,7], 车速模

型利用离合/油门/制动踏板行程和档位模拟出车辆行驶速度，车辆悬架系统模型和车辆转弯模型模拟出车辆的俯仰角和侧倾角，传动系数将方向盘转角转换成前轮转向角。将这些模拟出的驾驶信息输入至由 AFS 动力学模型和模糊 PID 控制算法组成的 AFS 控制模型单元，其中 AFS 动力学模型描述了车灯转角和车速、运动姿态以及转向角之间的数学关系，AFS 控制模型单元输出的车灯控制转角通过 CAN 卡传输至 AFS 控制器。

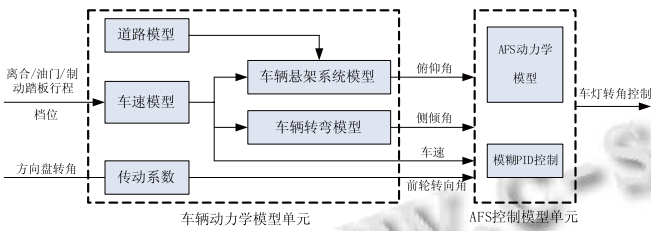


图 6 动力学仿真单元结构框图

4 实验

本文所提出的 AFS 系统半实物硬件仿真平台如图 7 所示，其中图 7(a)为基于普桑轿车的驾驶模拟器实物图，其内部包含方向盘，档位，制动/离合/油门踏板等机械结构和对应的传感器。图 7(b)为自适应前照灯系统机械结构示意图，采用常见的桑塔纳轿车的大灯，在上面安装两个 42BYG4501 型的混合式两相步进电机，通过蜗轮蜗杆结构驱动车灯运动，其中 1 号步进电机用于控制车灯的左右旋转，2 号步进电机用于控制车灯的俯仰运动。

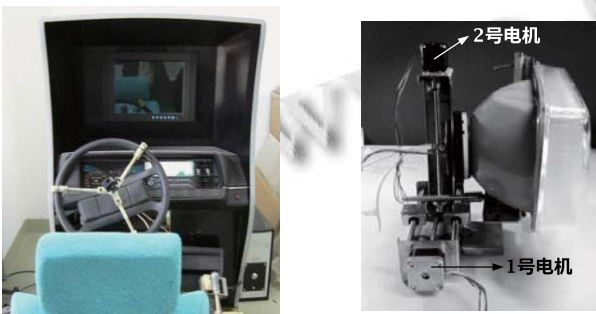


图 7 AFS 系统半实物硬件仿真平台示意图

我们利用 Borland Delphi7 在 PC 端编写了仿真软件，界面如图 8 所示，其包含数据采集，显示、控制量解算以及 LIN 总线数据传输等功能。

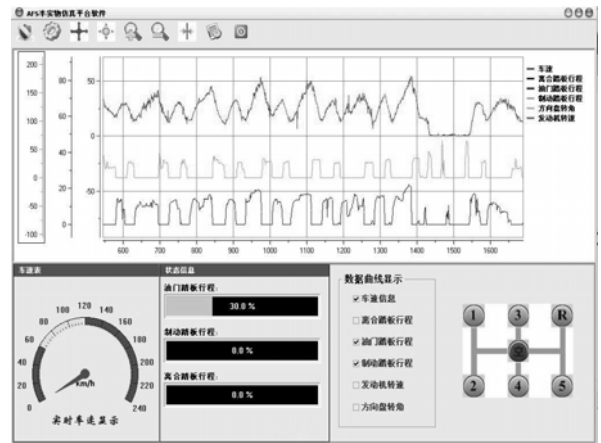


图 8 AFS 系统半实物仿真软件界面示意图

构建 AFS 半实物仿真平台的最终目的是为了在实验室条件下验证 AFS 的电机控制算法，因此本文在表 1 和表 2 中分别列出了某次实验中左、右车灯转角的部分实验结果。

表 1 左车灯水平转动角度实验数据

序号	方向盘转角 (°)	车速 (km/h)	车灯理论转角 (°)	实际理论转角 (°)
1	-25	80	0	0
2	5	100	0	0
4	40	60	7.0	6.8
5	80	40	12.0	11.8
6	80	30	10.6	10.5
7	120	30	13.7	13.9
8	170	10	15.0	14.8
9	200	5	0	0

表 2 右车灯水平转动角度实验数据

序号	方向盘转角 (°)	车速 (km/h)	车灯理论转角 (°)	实际理论转角 (°)
1	20	60	0	0
2	-5	30	0	0
3	-30	80	13.8	12.6
4	-30	60	11.5	10.4
5	-50	80	17.6	17.5
6	-80	20	12.7	12.9
7	-150	10	15.5	15.6
8	-190	5	0	0

在表 1 和表 2 中，方向盘转角值为正时表示向左旋转，为负时表示向右旋转。从表 1 和表 2 中的实验数据可以看出：

- 1) 向右打方向盘时，此时应控制右车灯的运动，

而左车灯保持中间初始位置不变,所以表 1 中的左车灯的理论实际转角值为 0° 。同理,当向左打方向盘时,右车灯的理论实际转角值为 0° 。

2) 当车辆行驶速度低于 5km/h 时或者方向盘转角不大于 5° 时,AFS 功能不启用,此时左、右车灯的理论实际转角值为 0° 。

3) 左、右车灯的旋转角度不同,右车灯的水平最大转动角度可达到 18° ,左车灯的水平最大转动角度可达到 15° 。

4) 车灯的理论转动角度和实际转动角度的最大误差不得超过 0.2° ,满足实际使用要求。

5 结语

本文根据自适应前照灯系统的功能要求,开发了基于汽车驾驶模拟器的 AFS 系统半实物硬件仿真平台,该半实物仿真平台引入驾驶模拟器作为 AFS 控制模型中所需的车辆各种驾驶信息的信息源,并在保持 AFS 控制器硬件不变条件下,将其原先所具有的传感器采集、数据解算、LIN 总线传输功能转换为 CAN/LIN 网关功能。实验证明,AFS 半实物仿真平台能够成为

AFS 硬件平台设计和控制器设计阶段和实车验证阶段之间一个有效的缓冲,为后续为 AFS 系统控制策略研究和算法设计验证奠定必要的基础。

参考文献

- 1 Roslak J. Active lighting systems for improved road safety. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004,6: 682-685.
- 2 Hacidekir T, Karaman S, Aksun G. Adaptive head-light system design using hardware-in-the-loop simulation. International Conference on Control Applications, 2006, 5: 915-920.
- 3 张新江. Ford 发表全新 AFS 智能型主动转向头灯技术. 轻型汽车技术, 2008,2:11.
- 4 左国章. 现代轿车车灯的流行趋势. 汽车与配件, 2003,43: 27-29.
- 5 古强. 智能照明系统. 世界汽车, 2006,3:74-75.
- 6 雷玲. 智能车灯控制器的硬件在环测试系统研制[硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- 7 雷玲, 吴青, 陈建林, 初秀民. 基于 xPC 的智能车灯硬件在环仿真系统开发. 武汉理工大学学报, 2009,31(23):126-129.

(上接第 196 页)

表 1 主题相关度判断结果分析

系统评价结果		人工实际评价结果		主题评价精度
评价结果	页面数	主题相关	主题无关	
主题相关	867	732	135	84.4%
主题无关	133	37	96	72.2%

从表 1 中可以发现,本文系统在当前的阈值下,已经达到了一定的主题评价精度。

为了说明本系统的主题搜索性能,选择通用搜索引擎 Google 对关键词“港口 物流”进行搜索,同时使用本系统进行同样的搜索,对两个系统结果集的前 200 个页面进行了主题相关度评价,对比数据结果如表 2 所示:

表 2 与通用搜索引擎比较

搜索引擎	相关时间	主题相关网页数	查准率
本系统	1.54s	173	86.5%
Google	0.21s	89	44.5%

实验结果表明,港口物流信息垂直搜索引擎具有明显的主题倾向性,结果的查准率优于通用搜索引擎。

3 小结

本文就垂直搜索引擎的关键技术进行了研究,

并提出了一种基于 Nutch 平台的垂直搜索引擎解决方案,研究并实现了港口物流信息垂直搜索引擎。实验证明系统设计和实现方案是切实可行的,基本达到了预期设计目标。该系统的研究促进了港口物流信息化的发展并对该领域的从业人员起到了很好的帮助作用。

参考文献

- 1 Gulli A, Signorini A. The Indexable Web is More than 11.5 billion pages. Proc. of the 14th International World Wide Web Conference. Chiba, Japan, 2005.
- 2 Sullivan D. Fifth Annual Search Engine Meeting Report. Boston, MA, 2000.
- 3 印鉴,陈忆群,张钢. 搜索引擎技术研究与实现. 计算机工程, 2005,14.
- 4 李世明. 专业搜索引擎中信息过滤的研究与实现. 北京: 北京化工大学, 2005.
- 5 Menczer F, Pant G, Srinivasan P. Topical Web Crawlers: Evaluating Adaptive Algorithms. ACM Trans. on Internet Technology, 2004.