



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103661375 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310601675. 7

(22) 申请日 2013. 11. 25

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 陈慧 王加

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

31002

代理人 吴林松

(51) Int. Cl.

B60W 30/12(2006. 01)

B60W 40/08(2012. 01)

B60Q 9/00(2006. 01)

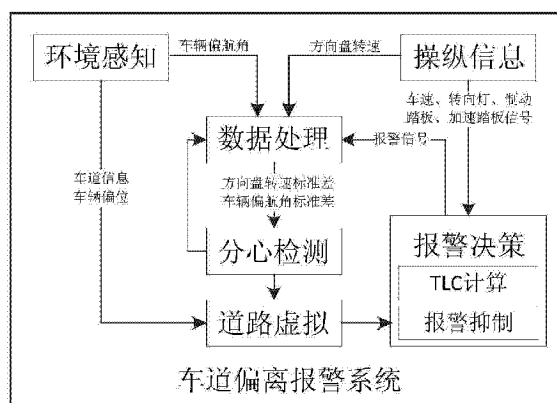
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警方法及系统

(57) 摘要

一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警方法,利用车辆行驶轨迹及驾驶员操纵信息,判断驾驶员当前是否处于分心驾驶状态;根据分心驾驶的检测结果,提供有区别的报警策略,当未检测到驾驶分心时,推迟车道偏离报警时机。一种实现所述方法的车道偏离报警系统,该系统包括环境感知单元、操纵信息单元、数据处理单元、分心检测单元、道路虚拟单元及报警决策单元。从环境感知、操纵信息单元获得车辆偏航角、方向盘转速信号,经数据处理后得到相应标准差统计数据,进行驾驶分心检测。报警决策单元进行报警决策,并判断是否抑制当前报警信号。本发明能够给分心驾驶员提供及时的车道偏离报警,同时避免对专注的驾驶员频繁误报警,减少对驾驶员的干扰。



1. 一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警方法,其特征在于:利用车辆行驶轨迹及驾驶员操纵信息,判断驾驶员当前是否处于分心驾驶状态;根据分心驾驶的检测结果,提供有区别的报警策略,当未检测到驾驶分心时,推迟车道偏离报警时机。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:先建立两个基于高斯混合隐马尔可夫模型的驾驶状态模型,即专注驾驶与分心驾驶的模型;模型建立后,对于一组未知驾驶状态的数据,两个状态模型计算未知驾驶数据属于该模型的概率,取概率较大的模型表征的驾驶状态为判别结果,即实现了驾驶员分心状态的检测。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:训练模型使用 Baum-Welch 算法,计算概率使用前向-后向算法。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:进行分心检测所使用的信号类型为车辆偏航角标准差 θ'_{std} 和方向盘转速标准差 ω'_{std} 。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:所述分心检测所使用的信号类型的获得方法为:

1) 通过车道偏离报警系统前置摄像头以及 CAN 总线信息,获得车辆偏航角 θ 以及方向盘转速 ω 信号,两信号类型的集合称为数据集 D,即 $D=\{\theta, \omega\}$;

2) 在系统初始阶段的 T_{ini} 秒时间内,统计数据集 D 在 $0-T_{ini}$ 秒之间数据的均值和标准差,作为基准集 $V=\{(\bar{\theta}_{ini}, \theta_{x_ini}), (\bar{\omega}_{ini}, \omega_{x_ini})\}$;

3) 根据基准集 V,对 T_{ini} 秒之后每一采样时刻数据集 D 中的信号类型进行标准化处理,获得标准化数据集 $S=\{\theta', \omega'\}$;

4) 对标准化数据集 S 每 T_{std} 秒内的数据进行标准差统计处理,得到特征数据集 $F=\{\theta'_{std}, \omega'_{std}\}$;

5) 在驾驶过程中,可根据当前驾驶数据,实时更新基准集 V。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:根据驾驶分心检测结果,在实际道路线外侧设置可变的虚拟道路线,报警决策算法以虚拟道路线作为车道边界,判断是否进行车道偏离报警。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:当检测到驾驶分心时,设置左右两侧虚拟量 $\Delta w=0$,虚拟道路线与实际道路线重合;当未检测到驾驶分心时,根据车辆偏位均值及偏位标准差信息计算虚拟量 Δw 。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:根据驾驶员对转向灯、制动踏板、加速踏板的操作抑制当前报警信号。

9. 实现权利要求1-8中任一所述方法的车道偏离报警系统,其特征在于:包括:

环境感知单元,用于获取车道宽度以及车辆在当前车道中相对位姿信息;

操纵信息单元,用于获取车速信号、方向盘转速信号、转向灯信号、制动踏板位置、加速踏板位置信号;

数据处理单元,对环境感知单元、操纵信息单元获取的部分数据类型进行标准化处理及统计处理;

分心检测单元,根据数据处理单元的输出,检测驾驶员是否处于分心状态;

道路虚拟单元,根据环境感知单元获得的当前车道信息,以及驾驶员分心状态,决定虚

拟道路线位置；

报警决策单元,根据虚拟道路线位置,环境感知单元及操纵信息单元获取的信息,决定是否向驾驶员提供报警。

10. 根据权利要求9所述的车道偏离报警系统,其特征在于:所述的分心检测单元包含两个基于高斯混合隐马尔可夫模型离线建立的驾驶状态模型,即专注驾驶模型和分心驾驶模型;

或,所述的道路虚拟单元,当检测到驾驶分心时,设置左右两侧虚拟量 $\Delta w=0$,虚拟道路线与实际道路线重合;当未检测到驾驶分心时,根据车辆偏位均值及偏位标准差信息计算虚拟量 Δw ;

或,所述报警决策单元设置有报警抑制机制,根据驾驶员对转向灯、制动踏板、加速踏板的操作抑制当前报警信号;

优选的,所述报警决策单元包含 TLC 计算子模块、报警抑制两个子模块;

在 TLC 计算子模块中, TLC 算法基于车辆运动学,计算车辆即将偏离出车道边线的时间,

$$TLC = \frac{l}{v_x} \quad (13)$$

v_x 为车辆的纵向速度, l 为从当前位置到车辆前轮未来行驶轨迹相交于左侧或右侧道路线时的距离;假设车辆在未来几秒内,车辆航向角不变,将车辆未来行驶轨迹近似为直线;同时,在实际道路边线外侧叠加道路虚拟单元计算得到的虚拟量,以虚拟道路线替代实际道路线,作为计算 TLC 的车道边界;

车辆左前轮和右前轮相对道路中心线偏移量分别为 e_l 和 e_r ,

$$e_l = e + L_f \times \sin \theta + 0.5 \times d \times \cos \theta \quad (14)$$

$$e_r = e + L_f \times \sin \theta - 0.5 \times d \times \cos \theta \quad (15)$$

其中 e 为环境感知单元得到的车辆质心侧向偏位,车辆质心位于道路中心线左侧为正,右侧为负; θ 为车辆偏航角,车头偏向左侧为正,偏向右侧为负; L_f 表示车辆质心到前轴的距离; d 表示车辆前轴轮距;

当 $\theta > 0$ 时,车辆左前轮最早与左侧虚拟道路线相交;左前轮当前偏位为 e_l ,与虚拟道路线相交时车辆左前轮偏位为 $\frac{w}{2} + \Delta w_l$,即

$$e_l + l \times \sin \theta = \frac{w}{2} + \Delta w_l \quad (16)$$

其中 w 表示环境感知单元检测到当前车道宽度;

同样,当 $\theta < 0$ 时,车辆右前轮最早与左侧虚拟道路线相交,得到

$$e_r + l \times \sin \theta = -\frac{w}{2} - \Delta w_r \quad (17)$$

结合公式 (13) 可得

$$TLC = \begin{cases} \frac{\frac{w}{2} + \Delta w_l - e_l}{v_x \times \sin \theta} & \theta > 0 \\ \frac{-\frac{w}{2} - \Delta w_r - e_r}{v_x \times \sin \theta} & \theta < 0 \end{cases} \quad (18)$$

计算得到 TLC 值后,与预设的时间阈值 T_s 进行比较;时间阈值 T_s 可由驾驶员根据自身

的反应时间和驾驶水平提前设定,设定范围 $0.5s \leq T_s \leq 1.5s$,所设定的时间阈值应能保证报警时驾驶员有足够的时间采取补救措施;

当 $TLC < T_s$ 时,表示驾驶员若不立即采取补救措施,车辆即将驶出当前车道线,此时 TLC 计算子模块输出报警信号, $W_{TLC}=1$;当 $TLC \geq T_s$ 时, TLC 计算子模块不触发报警信号, $W_{TLC}=0$;

或,报警抑制子单元根据驾驶操纵信息,决定是否抑制车道偏离报警系统报警信号,并输出信号 W_{Hold} ,具体逻辑如下:

- a) 若检测到当前转向灯处于打开状态,输出 $W_{Hold}=0$;
- b) 若检测到当前制动踏板被踩下,即驾驶员正在施加制动,输出 $W_{Hold}=0$;
- c) 若检测到当前加速踏板被完全释放,输出 $W_{Hold}=0$;
- d) 其余情况,输出 $W_{Hold}=1$;

报警决策单元最终输出的报警信号:

$$W_{LDWS}=W_{Hold} \cdot W_{TLC};$$

$W_{LDWS}=1$,报警; $W_{LDWS}=0$,抑制报警。

一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于车辆控制技术领域,涉及车辆辅助驾驶装置,特别是车辆偏离报警装置。

背景技术

[0002] 在高速公路上行驶的汽车,驾驶员由于打电话、调节收音机等引起的注意力不集中,会导致车辆偏离当前行驶车道,驶入相邻车道或者冲出道路,造成交通事故。

[0003] 为了避免由于单车道路偏离(SVRD, Single Vehicle Road Departure)而引发交通事故,车道偏离报警系统被广泛的应用。LDWS通过感知系统获得车辆在当前车道中的相对位姿,根据特定的报警决策算法判断车辆是否发生或将要发生道路偏离,并通过报警装置对驾驶员进行预警。

[0004] 在人——车——路系统中,现有的车道偏离报警系统缺少对驾驶员这一重要环节的考虑,产生的问题在于,难以解决预警时间和误警率之间的矛盾。预警时间决定着驾驶员听到报警后有多少时间反应并纠正车辆运行方向。由于预警时间的存在,系统会在某些驾驶员的正常驾驶情况下(例如当靠近道路边缘驾驶或变换车道时)触发报警器,这样的报警对于专注的驾驶员是不必要的,甚至是有干扰性的,属于误报警。频繁的误报警会使驾驶员产生厌烦感,甚至失去对车道偏离报警系统的信任而关闭系统。

[0005] 由于以上原因,有必要在现有的车道偏离报警系统中增加考虑驾驶员的分心状态。常见的驾驶员分心检测方法有两种,一种是使用车内摄像头监测驾驶员的面部朝向或眼睛注视区域,另一种是利用驾驶操作信息分析驾驶员当前状态。考虑到实车中复杂的光线条件,使用机器视觉的方法较第二种方法更难获得稳定的检测结果。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警系统。该系统能够结合车辆行驶轨迹以及驾驶员操作信息,辨别驾驶员是否出现驾驶分心状态。根据分心驾驶检测结果,提供有区别的车道偏离报警策略,保证给分心驾驶员提供及时的车道偏离报警,同时避免对专注的驾驶员频繁误报警,降低对驾驶员干扰。

[0007] 为达到以上目的,本发明所采用的解决方案是:

[0008] 一种考虑驾驶分心状态的车道偏离报警方法,利用车辆行驶轨迹及驾驶员操纵信息,判断驾驶员当前是否处于分心驾驶状态;根据分心驾驶的检测结果,提供有区别的报警策略,当未检测到驾驶分心时,推迟车道偏离报警时机。

[0009] 进一步,先建立两个基于高斯混合隐马尔可夫模型的驾驶状态模型,即专注驾驶与分心驾驶的模型;模型建立后,对于一组未知驾驶状态的数据,两个状态模型计算未知驾驶数据属于该模型的概率,取概率较大的模型表征的驾驶状态为判别结果,即实现了驾驶员分心状态的检测。

[0010] 训练模型使用 Baum-Welch 算法,计算概率使用前向-后向算法。

[0011] 进行分心检测所使用的信号类型为车辆偏航角标准差 θ'_{std} 和方向盘转速标准差 ω'_{std} 。

[0012] 所述分心检测所使用的信号类型的获得方法为：

[0013] 1) 通过车道偏离报警系统前置摄像头以及 CAN 总线信息, 获得车辆偏航角 θ 以及方向盘转速 ω 信号, 两信号类型的集合称为数据集 D, 即 $D = \{\theta, \omega\}$;

[0014] 2) 在系统初始阶段的 T_{ini} 秒时间内, 统计数据集 D 在 $0-T_{ini}$ 秒之间数据的均值和标准差, 作为基准集 $V = \{(\bar{\theta}_{ini}, \theta_{x_ini}), (\bar{\omega}_{ini}, \omega_{x_ini})\}$;

[0015] 3) 根据基准集 V, 对 T_{ini} 秒之后每一采样时刻数据集 D 中的信号类型进行标准化处理, 获得标准化数据集 $S = \{\theta', \omega'\}$;

[0016] 4) 对标准化数据集 S 每 T_{std} 秒内的数据进行标准差统计处理, 得到特征数据集 $F = \{\theta'_{std}, \omega'_{std}\}$;

[0017] 5) 在驾驶过程中, 可根据当前驾驶数据, 实时更新基准集 V。

[0018] 根据驾驶分心检测结果, 在实际道路线外侧设置可变的虚拟道路线, 报警决策算法以虚拟道路线作为车道边界, 判断是否进行车道偏离报警。

[0019] 当检测到驾驶分心时, 设置左右两侧虚拟量 $\Delta w = 0$, 虚拟道路线与实际道路线重合; 当未检测到驾驶分心时, 根据车辆偏位均值及偏位标准差信息计算虚拟量 Δw 。

[0020] 根据驾驶员对转向灯、制动踏板、加速踏板的操作抑制当前报警信号。

[0021] 实现上述方法的车道偏离报警系统, 包括:

[0022] 环境感知单元, 用于获取车道宽度以及车辆在当前车道中相对位姿信息;

[0023] 操纵信息单元, 用于获取车速信号、方向盘转速信号、转向灯信号、制动踏板位置、加速踏板位置信号;

[0024] 数据处理单元, 对环境感知单元、操纵信息单元获取的部分数据类型进行标准化处理及统计处理;

[0025] 分心检测单元, 根据数据处理单元的输出, 检测驾驶员是否处于分心状态;

[0026] 道路虚拟单元, 根据环境感知单元获得的当前车道信息, 以及驾驶员分心状态, 决定虚拟道路线位置;

[0027] 报警决策单元, 根据虚拟道路线位置, 环境感知单元及操纵信息单元获取的信息, 决定是否向驾驶员提供报警。

[0028] 进一步: 所述的分心检测单元包含两个基于高斯混合隐马尔可夫模型离线建立的驾驶状态模型, 即专注驾驶模型和分心驾驶模型;

[0029] 或, 所述的道路虚拟单元, 当检测到驾驶分心时, 设置左右两侧虚拟量 $\Delta w = 0$, 虚拟道路线与实际道路线重合; 当未检测到驾驶分心时, 根据车辆偏位均值及偏位标准差信息计算虚拟量 Δw ;

[0030] 或, 所述报警决策单元设置有报警抑制机制, 根据驾驶员对转向灯、制动踏板、加速踏板的操作抑制当前报警信号。

[0031] 由于采用了以上技术方案, 本发明的有益效果是: 本发明在现有的车道偏离报警系统上增加了驾驶分心检测功能, 该功能的实现不需要加装传感器, 仅利用车道偏离报警系统能够提供的信号类型。根据驾驶分心的检测结果, 实时调整车道偏离报警系统的系统参数, 降低系统的误报警率。

附图说明

[0032] 图 1 是本发明车道偏离报警系统的系统框图。

[0033] 图 2 是数据处理单元的数据处理过程示意图。

[0034] 图 3 是带有虚拟道路线的车道偏离示意图。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图所示实施例对本发明作进一步的说明。

[0036] I. 驾驶状态模型建立

[0037] 为了实现驾驶员分心的实时检测,需要先离线建立专注驾驶与分心驾驶的模型。这里分心驾驶的产生,是由于驾驶员进行某种与驾驶无关的任务(如使用手机,调节收音机,设置 GPS),自觉或不自觉的将注意力从主要驾驶任务上转移开的情况。

[0038] (1) 数据采集

[0039] 本发明利用驾驶模拟器采集专注驾驶与分心驾驶两种情况下的驾驶数据。驾驶员在驾驶模拟器上可以利用方向盘、加速踏板和制动踏板,根据动画显示的虚拟道路场景和车辆运动状态,对虚拟车辆进行操纵。虚拟道路采用高速公路常见平面线型,直道、缓和曲线和圆弧,车道宽 3.75m,驾驶员行驶速度不低于 60km/h。进行专注驾驶数据采集时,驾驶员不受外界干扰;进行分心驾驶数据采集时,驾驶员被要求在驾驶同时,完成规定的第二任务,以分散注意力。实验中第二任务包括:a) 短信阅读,驾驶员收到一条短信并朗读其内容;b) 短信回复,驾驶员回复短信;c) 寻找联系人,驾驶员从通讯录中找到指定联系人(实验前向驾驶员询问得到),并完成拨号。

[0040] 实验中采集的数据集 D 包含两种信号类型:偏航角 (θ),表示车辆行驶方向与道路中心线夹角;方向盘转速 (ω)。

$$[0041] \quad D = \{ \theta, \omega \} \quad (1)$$

[0042] (2) 标准化处理与统计处理

[0043] 数据处理的过程如图 2 所示。不同信号量纲不同,数值范围相差较大,并且同种信号类型的数值在不同驾驶员之间也存在一定差异,因此首先对采集到的数据进行 z-score 标准化处理。对于一位驾驶员的一次驾驶数据,采集得到的任一信号类型 $x (x \in \{ \theta, \omega \})$,在时刻 t 的数据 x_t 进行标准化之后得到的数据为,

$$[0044] \quad x'_t = \frac{x_t - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (2)$$

[0045] 其中, $\bar{x}$ 、 σ_x 分别表示该驾驶员该段驾驶数据整体的均值和标准差。但是,该数据必须在驾驶结束后才能获得,实际中无法在线获得,因此这里采用驾驶初始阶段 T_{ini} 秒(本实施例选择 $T_{ini}=60$) 时间内数据的均值 $\bar{x}_{ini}$ 与标准差 $\sigma_{x_{ini}}$ 代替。标准化的公式,

$$[0046] \quad \theta'_t = \frac{\theta_t - \bar{\theta}_{ini}}{\sigma_{\theta_{ini}}} \quad (3)$$

$$[0047] \quad \omega'_t = \frac{\omega_t - \bar{\omega}_{ini}}{\sigma_{\omega_{ini}}} \quad (4)$$

[0048] 标准化后的数据 θ'_t, ω'_t 组成了标准化数据集:

$$[0049] \quad S = \{ \theta', \omega' \} \quad (5)$$

[0050] 初始阶段数据的均值与标准差组成了标准化的基准集：

$$[0051] \quad V = \{ (\bar{\theta}_{ini}, \sigma_{\theta_{ini}}), (\bar{\omega}_{ini}, \sigma_{\omega_{ini}}) \} \quad (6)$$

[0052] 标准化之后的数据还不能明显的反映驾驶员分心状态,需要对数据进行统计处理。具体的方法是,统计每 T_{std} 秒数据的标准差,其中的 T_{std} 为标准化时长,本实施例中 T_{std} 选择为 10s。经统计处理后,得到特征数据集：

$$[0053] \quad F = \{ \theta'_{std}, \omega'_{std} \} \quad (7)$$

[0054] 例如在时刻 t 的特征数据 $\theta'_{std,t}, \omega'_{std,t}$ 分别为 $[t-10, t]$ 时间内标准化数据 θ', ω' 的标准差。

[0055] (3) 驾驶状态建模

[0056] 基于隐马尔可夫模型建立专注驾驶与分心驾驶两种驾驶状态模型。隐马尔可夫模型是一种概率模型,用于描述双重随机过程:马尔可夫过程和一般随机过程。随时间的进行,马尔可夫过程产生隐状态序列,隐状态序列不可见,可以用来表征驾驶员的行为、状态等内在的,不可观测的物理量;而一般随机过程产生可观察序列,实际驾驶中的车速、加速踏板、制动踏板、方向盘转角等信号可以作为可观察序列。

[0057] 一个隐马尔可夫模型可由以下参数定义：

[0058] 1) 隐状态集合, $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$, N 为隐状态数。用 q_t 表示 t 时刻的隐状态,则 $q_t \in \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$ 。

[0059] 2) 观察值集合, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$, M 为每一隐状态可能输出的不同观察值数目。用 o_t 表示 t 时刻的观察值,则 $o_t \in \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$ 。

[0060] 3) 状态转移概率矩阵, $A = \{a_{ij}\}$, 这里 $a_{ij} = P\{q_{t+1}=S_j | q_t=S_i\}$, $1 \leq i, j \leq N$ 。

[0061] 4) 状态 j 的观察概率矩阵 $B = \{b_j(k)\}$, 表示状态 j 输出相应观察值的概率,其中 $b_j(k) = P\{o_t = v_k | q_t = S_j\}$, $1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M$ 。

[0062] 5) 初始化状态分布 $\pi = \{\pi_i\}$, $\pi_i = P\{q_1=S_i\}$, $1 \leq i \leq N$ 。

[0063] 通常将以上五个参数简化为三个,用 $\lambda = (\pi, A, B)$ 来表示一个隐马尔可夫模型。

[0064] 由于驾驶过程中产生的观察值并非离散的,不能用简单的观察概率矩阵 B 来描述隐状态与观察值之间的关系,因此需结合高斯混合的方法,构建高斯混合隐马尔可夫模型。在这个模型中, v 是连续的变量, B 表示一组观察值的概率密度函数,即 $B = \{b_j(v), j=1, 2, \dots, N\}$ 。

$$[0065] \quad b_j(v) = \sum_{m=1}^M c_{jm} N(\mu_{jm}, U_{jm}), \quad 1 \leq j \leq N \quad (8)$$

[0066] 式中: $N(\mu_{jm}, U_{jm})$ 为多维高斯概率密度函数, μ_{jm} 为其均值矢量, U_{jm} 为方差矩阵; M 为组成 $b_j(v)$ 的高斯混合数目; c_{jm} 为组合系数,也即权重,保证 $\sum_{m=1}^M c_{jm} = 1$, $c_{jm} \geq 0$ 。

[0067] 高斯混合隐马尔可夫 (GM-HMM) 可以表示为, $\lambda = (\pi, A, c, \mu, U)$

[0068] 建立驾驶状态模型所采用的观察序列为特征数据集 F 包含的两种数据类型,本实施例中观察序列的时间长度选择为 5 秒。设置模型的初始化参数 $N=4, M=4$, 利用驾驶模拟器实验获得的专注驾驶与分心驾驶数据,分别训练高斯混合隐马尔可夫模型参数,可得到两个 GM-HMM 模型,即专注驾驶模型与分心驾驶模型。模型建立后,对于一组未知驾驶状态的数据,两个状态模型可通过前向-后向算法计算未知驾驶数据属于该模型的概率,取概

率较大的模型表征的驾驶状态为判别结果,即实现了驾驶员分心状态的检测。其中,训练模型使用的 Baum-Welch 算法及计算概率的前向-后向算法为现有技术,这里不再做介绍。

[0069] II. 系统各单元功能说明

[0070] (1) 环境感知单元

[0071] 环境感知单元通过安装在车辆前挡风玻璃后的摄像头,获取当前车道宽度、侧向偏位(车辆与道路中心线的距离),偏航角(车辆行驶方向与道路中心线的夹角)信息。

[0072] (2) 操纵信息单元

[0073] 通过 CAN 总线,获取车速信号、方向盘转速信号、转向灯信号、制动踏板位置、加速踏板位置信号。

[0074] (3) 数据处理单元

[0075] 数据处理单元从环境感知单元、操纵信息单元接收偏航角、方向盘转速信号,即数据集 D,通过标准化处理和统计处理,得到特征数据集 F,输出给分心检测单元。数据处理单元对数据的处理过程如图 2 所示,主要步骤为:

[0076] 1) 在系统初始阶段的 T_{ini} 秒时间,根据数据集 D 在 $0-T_{ini}$ 秒之间的数据,计算得到基准集 V;

[0077] 2) 根据基准集 V,对 T_{ini} 秒之后每一采样时刻数据集 D 中的信号类型,按照公式(3)、(4)进行标准化处理,得到标准化数据集 S;

[0078] 3) 对标准化数据集 S 进行标准差统计处理,得到特征数据集 F;

[0079] 4) 在驾驶过程中,对基准集 V 进行更新。当系统在 T 秒(本实施例选择 $T=600$)内未检测出驾驶员出现分心状态,并且没有触发过车道偏离报警,则根据这 T 秒内的驾驶数据,计算新的基准集,替代原有基准集。

[0080] (4) 分心检测单元

[0081] 分心检测单元包含离线建立的两个驾驶状态模型,即专注驾驶模型和分心驾驶模型。每次执行分心检测时,以当前时刻前 5 秒内的特征数据集 F 的数据作为观察序列,输入两状态模型。通过前向-后向算法,可得到两模型分别产生该观察序列的概率值。对比两模型输出的概率值,取输出概率较大的模型所表征的驾驶状态为判别结果。状态检测模型的输出为驾驶员分心状态 α , $\alpha=0$ 表示分心驾驶, $\alpha=1$ 表示专注驾驶。

[0082] (5) 道路虚拟单元

[0083] 为减少车道偏离报警系统误报警对专注驾驶员的干扰,虚拟道路线向增大道路宽度方向设置,即向道路外侧虚拟道路线,如图 3 所示。称虚拟道路线与该侧实际道路线之间的距离为虚拟量 Δw 。依据分心检测单元输出的驾驶员分心状态以及境感知单元得到的偏位信息计算得到虚拟量 Δw 。

[0084] 当前时刻车辆的偏位用 e 表示,并规定 $e>0$ 表示车辆处于道路中心线左侧。实时记录车辆 1min 以内的偏位信息,以 M_e 表示其平均值, δ_e 表示其标准差。则左侧道路线的虚拟量,

$$[0085] \quad \Delta w_l = \begin{cases} \alpha \cdot (k_m + 0.5 \cdot k_\delta) \cdot U_w, & M_e \geq 0 \\ 0.5 \cdot \alpha \cdot k_\delta \cdot U_w, & M_e < 0 \end{cases} \quad (9)$$

[0086] 其中, α 为分心检测单元输出的结果; U_w 为虚拟量的最大值,根据 ISO17361:2007(E) 的规定,取 $U_w=0.3m$; k_m , k_δ 两系数反映过去 1min 内车辆的偏位信息,

[0087] $k_m = \frac{|M_e|}{0.6}$, 且 $k_m \leq 1$ (10)

[0088] $k_\delta = \frac{\delta_e}{0.4}$, 且 $k_\delta \leq 1$ (11)

[0089] 相似的, 右侧道路线的虚拟量,

[0090] $\Delta w_r = \begin{cases} 0.5 \cdot \alpha \cdot k_\delta \cdot U_w, & M_e > 0 \\ \alpha \cdot (k_m + 0.5 \cdot k_\delta) \cdot U_w, & M_e \leq 0 \end{cases}$ (12)

[0091] (6) 报警决策单元

[0092] 本发明的报警决策采用 TLC(Time To line Crossing) 算法。报警决策单元包含 TLC 计算、报警抑制两个子模块。

[0093] 在 TLC 计算子模块中, TLC 算法基于车辆运动学, 计算车辆即将偏离出车道边线的时间,

[0094] $TLC = \frac{l}{v_x}$ (13)

[0095] v_x 为车辆的纵向速度, l 为从当前位置到车辆前轮未来行驶轨迹相交于左侧或右侧道路线时的距离。由于车辆的非线性以及车辆运动学参数的不准确, 实际的纵向距离 l 难以精确计算得到。由于高速公路道路曲率以及方向盘转角较小, 因此可以假设车辆在未来几秒内, 车辆航向角不变, 将车辆未来行驶轨迹近似为直线。同时, 在实际道路边线外侧叠加道路虚拟单元计算得到的虚拟量, 以虚拟道路线替代实际道路线, 作为计算 TLC 的车道边界。

[0096] 车辆左前轮和右前轮相对道路中心线偏移量分别为 e_l 和 e_r ,

[0097] $e_l = e + L_f \times \sin \theta + 0.5 \times d \times \cos \theta$ (14)

[0098] $e_r = e + L_f \times \sin \theta - 0.5 \times d \times \cos \theta$ (15)

[0099] 其中 e 为环境感知单元得到的车辆质心侧向偏位, 车辆质心位于道路中心线左侧为正, 右侧为负; θ 为车辆偏航角, 车头偏向左侧为正, 偏向右侧为负; L_f 表示车辆质心到前轴的距离; d 表示车辆前轴轮距。

[0100] 当 $\theta > 0$ 时, 车辆左前轮最早与左侧虚拟道路线相交。左前轮当前偏位为 e_l , 与虚拟道路线相交时车辆左前轮偏位为 $\frac{w}{2} + \Delta w_l$, 即

[0101] $e_l + l \times \sin \theta = \frac{w}{2} + \Delta w_l$ (16)

[0102] 其中 w 表示环境感知单元检测到当前车道宽度。

[0103] 同样, 当 $\theta < 0$ 时, 车辆右前轮最早与左侧虚拟道路线相交, 得到

[0104] $e_r + l \times \sin \theta = -\frac{w}{2} - \Delta w_r$ (17)

[0105] 结合公式 (13) 可得

[0106] $TLC = \begin{cases} \frac{\frac{w}{2} + \Delta w_l - e_l}{v_x \times \sin \theta} & \theta > 0 \\ \frac{-\frac{w}{2} - \Delta w_r - e_r}{v_x \times \sin \theta} & \theta < 0 \end{cases}$ (18)

[0107] 计算得到 TLC 值后, 与预设的时间阈值 T_s 进行比较。时间阈值 T_s 可由驾驶员根据

自身的反应时间和驾驶水平提前设定,设定范围 $0.5s \leq T_s \leq 1.5s$,所设定的时间阈值应能保证报警时驾驶员有足够的时间采取补救措施。

[0108] 当 $TLC < T_s$ 时,表示驾驶员若不立即采取补救措施,车辆即将驶出当前车道线,此时 TLC 计算子模块输出报警信号, $W_{TLC}=1$;当 $TLC \geq T_s$ 时, TLC 计算子模块不触发报警信号, $W_{TLC}=0$ 。

[0109] 报警抑制子单元根据驾驶操纵信息,决定是否抑制车道偏离报警系统报警信号,并输出信号 W_{Hold} ,具体逻辑如下:

[0110] e) 若检测到当前转向灯处于打开状态,输出 $W_{Hold}=0$;

[0111] f) 若检测到当前制动踏板被踩下,即驾驶员正在施加制动,输出 $W_{Hold}=0$;

[0112] g) 若检测到当前加速踏板被完全释放,输出 $W_{Hold}=0$;

[0113] h) 其余情况,输出 $W_{Hold}=1$

[0114] 报警决策单元最终输出的报警信号,

[0115] $W_{LDWS}=W_{Hold} \cdot W_{TLC}$ (19)

[0116] $W_{LDWS}=1$,报警; $W_{LDWS}=0$,抑制报警。

[0117] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和应用本发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于这里的实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明的范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

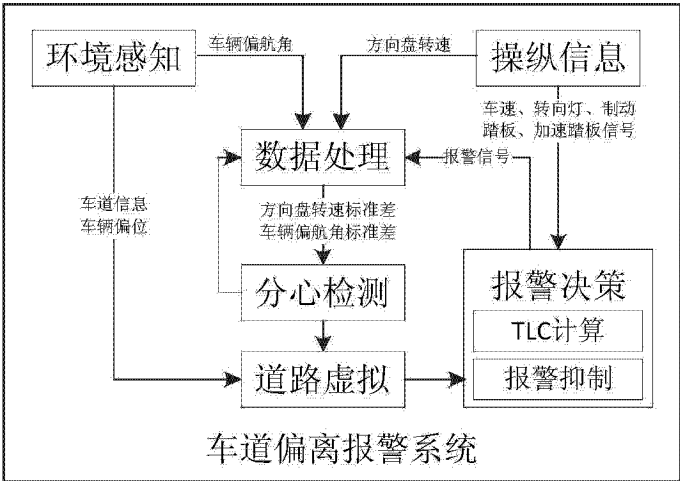


图 1

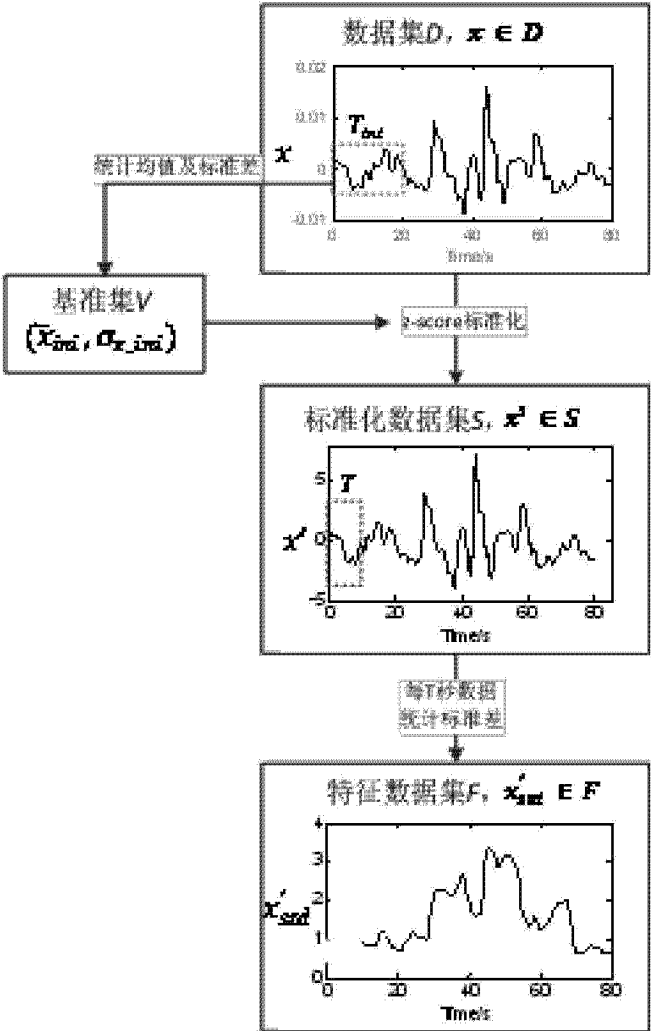


图 2

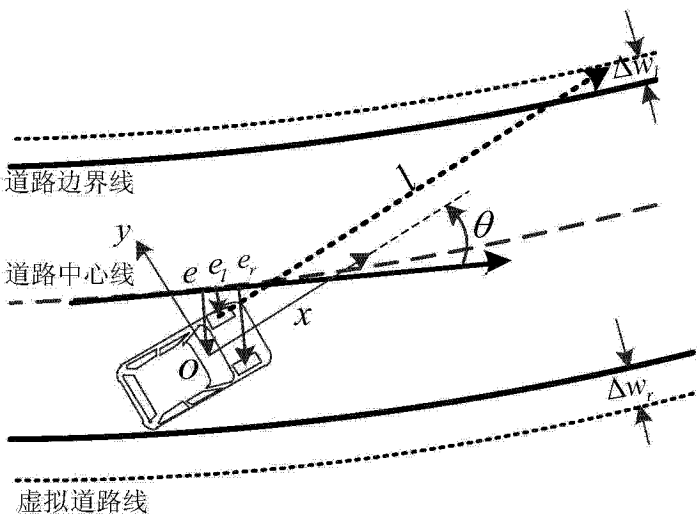


图 3