



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103935364 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201410193393. 2

B60W 50/08 (2012. 01)

(22) 申请日 2014. 05. 08

(71) 申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街 2699 号

(72) 发明人 王建华 蒋林艳 王云成 谢飞

(74) 专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201

代理人 朱世林 王寿珍

(51) Int. Cl.

B60W 30/09 (2012. 01)

B60W 40/105 (2012. 01)

B60W 40/10 (2012. 01)

B60W 40/068 (2012. 01)

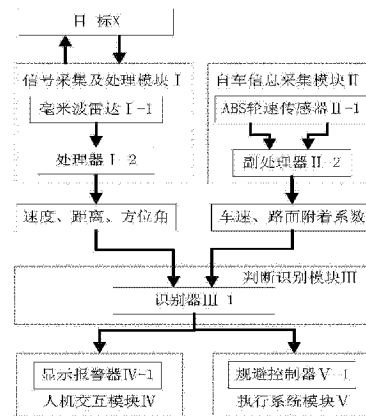
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统, 主要包括信号采集及处理模块 I, 自车信息采集模块 II, 判断识别模块 III, 人机交互模块 IV 以及执行系统模块 V。所述的信号采集及处理模块 I 利用毫米波雷达 I-1 得到目标 X 相对自车 Z 的速度、距离和方位角, 并经过处理器 I-2 处理后输出; 自车信息采集模块 II 利用 ABS 轮速传感器 II-1 得到自车 Z 的车速和路面附着系数, 并经过副处理器 II-2 处理后输出; 判断识别模块 III 判断目标 X 的类型并将目标类型传输给人机交互模块 IV, 将控制策略传输给执行系统模块 V。采取相应的规避控制措施。本发明能提前足够时间提醒驾驶员采取措施以保证安全舒适行驶, 有效识别出危险目标并提醒驾驶员, 提高系统的安全性。



1. 一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,包括信号采集及处理模块(I),自车信息采集模块(II),判断识别模块(III),人机交互模块(IV)以及执行系统模块(V),其特征在于;

所述的信号采集及处理模块(I)利用毫米波雷达(I-1)得到目标(X)相对自车(Z)的速度、距离和方位角,并经过处理器(I-2)处理后输出;

自车信息采集模块(II)利用ABS轮速传感器(II-1)得到自车(Z)的车速和路面附着系数,并经过副处理器(II-2)处理后输出;

判断识别模块(III)根据处理器(I-2)输入的速度、距离和方位角数据,以及副处理器(II-2)输入的自车(Z)车速和路面附着系数,利用识别器(III-1)判断目标(X)的类型并将目标类型传输给人机交互模块(IV),将控制策略传输给执行系统模块(V);

人机交互模块(IV)通过显示报警器(IV-1)的指示灯和声音提醒驾驶员目标类型和应采取的措施;

执行系统模块(V)是在驾驶员没有采取行动的情况下,利用规避控制器(V-1)根据目标类型自动采取相应的制动或减速规避控制措施。

2. 根据权利要求1所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的识别器(III-1)判断目标(X)的类型时采用先方位角初步筛选,后安全车距精确识别的识别器算法;

判断识别模块(III)的识别器(III-1)首先根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于临界方位角则直接判断为非危险目标, θ 小于临界方位角则计算安全车距;其次,将距离与安全车距比较,确定目标类型;进而将目标类型输送给人机交互模块(IV);

所述的临界方位角取 $25^{\circ} - 35^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求2所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的安全车距的通用计算模型为:

$$d = d_1 - d_2 + d_0 \quad (1)$$

其中 d 为安全车距, d_1 为自车(Z)所驶过的距离, d_2 为目标(X)所驶过的距离, d_0 为表示两车脱离危险后所要保留的最小安全车距,取 $2 \sim 5\text{m}$;

所述的安全车距采用以下4种安全车距模型进行计算:安全临界车距、锁定目标车距、危险临界车距和极限临界车距;

所述的安全临界车距是预判车辆的运行状况是否安全的指标,高于此值便安全;

对应的危险临界车距是预判车辆的运行工况是否危险,低于此值则危险;

锁定目标车距是在安全临界车距上增加一段距离,根据驾驶员的熟练程度自行通过人机交互模块(IV)设定;

极限临界车距是汽车不发生追尾事故所需维持的极限车距。

4. 根据权利要求3所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的安全临界车距为:

$$d_s = \frac{1}{3.6}(t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (2)$$

其中, d_s 为安全临界车距, u_1 为自车 (Z) 的运动速度; u_2 为目标 (X) 的运动速度; $u_{rel} = u_1 - u_2$, 为两车的相对速度; t_1 为自车 (Z) 驾驶员反应时间, 该时间长短因人而异; t_2 为自车 (Z) 消除制动间隙时间; t_3 为两车的制动力增长时间, 假设相同; $a_1 = a_2 = a_\mu$, 为两车的制动减速度均是来自地面的最大制动减速度, 由地面附着系数决定, $a_\mu = \mu \cdot g$, μ 为地面附着系数, g 为重力加速度;

所述的锁定目标车距为:

$$d_r = \frac{1}{3.6}(t_0 + t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (3)$$

其中, d_r 为锁定目标车距, t_0 为提前预告的时间, 是依据驾驶员特性和驾驶习惯所设定的, 驾龄较短或驾驶技术欠缺的驾驶员希望这段时间长些, 以便帮助预告即将出现的不安全状况; 技术娴熟或反应敏捷的驾驶员希望这段时间短些, 甚至是消除这段时间, 以便降低主动防撞预警系统的灵敏度和减少不必要的告警次数, t_0 取 $0 \sim 1s$;

所述的危险临界车距为:

$$d_d = \frac{t_2}{3.6}u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (4)$$

所述的极限临界车距为:

$$d_L = \begin{cases} \frac{1}{3.6}(t_2 + \frac{t_3}{2})u_1 + \frac{1}{25.92}[\frac{u_1^2}{a_\mu} - \frac{(u_1 - u_{rel})^2}{a_2}] + d_0 & a_2 > \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \\ \frac{1}{3.6}(t_2 + \frac{t_3}{2})u_1 + \frac{u_{rel}^2}{25.92(a_\mu - a_2)} + d_0 & a_2 < \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \end{cases} \quad (5)$$

其中, a_2 为目标 (X) 制动减速度。

5. 根据权利要求 3 所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统, 其特征在于:

所述的地面附着系数 μ 采用以下方法获取:

从安装在自车 (Z) 上的 ABS 轮速传感器 (II-1) 测得驱动轮转速和从动轮转速, 汽车的滚动车速为驱动轮转速与车轮半径的乘积, 汽车的实际行驶车速为从动轮转速与车轮半径的乘积, 则滑动率:

$$s = \frac{u_w - r_{r0}\omega_w}{u_w} \times 100\% \quad (6)$$

其中, s 为滑动率, u_w 为汽车的实际车速, $r_{r0}\omega_w$ 为汽车的滚动车速;

由滑动率 s 在路面附着系数 - 滑动率曲线 ($\mu - s$ 曲线) 插值得到路面附着系数 μ 的数值。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统, 其特征在于:

所述的人机交互模块 (IV) 中显示报警器 (IV-1) 的人机界面包括信息显示和参数设定

两部分,其中信息显示部分包括威胁目标提醒、危险等级显示、蜂鸣器以及车速、车距显示,参数设定包括选择规避控制策略、设定驾驶员特有的行车参数。

7. 根据权利要求 4 所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的执行系统模块 (V) 中规避控制器 (V-1) 采取的规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略,根据驾驶员的要求自行选择;

所述的偏于安全的控制策略是以锁定目标车距、安全临界车距和危险临界车距作为分界点;

所述的兼顾舒适性的控制策略是以安全临界车距、危险临界车距和极限临界车距作为分界点;

采用何种控制策略由驾驶员在人机交互界面上设定。

8. 根据权利要求 7 所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的偏于安全的控制策略的具体过程是:

首先,判断识别模块 (III) 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于临界方位角则直接判断为非危险目标, θ 小于临界方位角则计算安全车距;

其次,将自车 (Z) 与目标 (X) 的距离 R 与锁定目标车距 d_t 比较,若大于则为非危险目标,采取安全控制策略;若小于则继续与安全临界车距 d_s 比较,若大于则为临界危险目标,采取报警控制侧路;若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较,若大于则为临界危险目标,采取减速控制策略,若小于则为危险目标,采取制动控制策略。

9. 根据权利要求 7 所述的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,其特征在于;

所述的兼顾舒适性的控制策略的具体过程是:

首先,判断识别模块 (III) 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于临界方位角则直接判断为非危险目标, θ 小于临界方位角则计算安全车距;

其次,将自车 (Z) 与目标 (X) 的距离 R 与安全临界车距 d_s 比较,若大于则为非危险目标,采取安全控制策略;若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较,若大于则为临界危险目标,采取报警控制侧路;若小于则继续与极限临界车距 d_l 比较,若大于则为临界危险目标,采取减速控制策略,若小于则为危险目标,采取制动控制策略。

基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车主动安全技术领域,具体涉及一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统。

背景技术

[0002] 随着世界经济和科技的不断发展,汽车工业自十九世纪末期诞生以来得到了飞速的发展。然而,交通事故一直是伴随汽车发展所带来的弊病,近些年来交通事故数量和乘员伤亡人数一直居高不下,成为全球疾病或意外死亡的重要原因之一,因此交通安全问题已成为全球亟待解决的主要问题。通过对大量交通事故产生原因进行分析,总结出主要是司机因素、车辆因素和环境因素这三个方面,尤其是司机因素最为突出。疏忽大意、超速行驶、疲劳驾驶、判定失误和酒后驾车等因素是导致交通事故发生的主要原因。为帮助司机安全驾驶从而减少交通事故的发生,汽车主动防撞预警系统的研究迫在眉睫。

[0003] 汽车主动防撞预警系统通过安装在车辆前端的目标探测装置实时监控车辆周围出现的目标,自动识别出可能与车辆发生碰撞的车辆、障碍物或行人。在汽车行驶过程中,当危险发生时,系统能自动报警来提醒驾驶员警惕,从而提前采取措施来避免事故的发生;如果驾驶员仍然没有采取措施,则该系统能通过对发动机、离合器和变速箱等传动系统的控制实现自动减速功能,如果减速后仍然不能摆脱危险的状况,则该系统通过对制动器和发动机等的控制实现紧急制动功能,尽可能的避免事故的发生。

[0004] 目前汽车主动防撞预警系统的重点仍在于如何识别出目标的运动状态信息,而忽略了安全车距模型及控制策略的建立,或者统一建立安全车距模型和控制策略,因此降低了系统的可靠性。本发明提出建立细化的安全车距模型及可供选择的规避控制策略,从而能提前足够的时间提醒驾驶员采取措施以保证安全舒适行驶。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,能有效识别出危险目标并提醒驾驶员,若驾驶员没有采取措施则自动制动或减速保证安全行驶。

[0006] 结合附图,可见本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,主要包括信号采集及处理模块 I, 自车信息采集模块 II,判断识别模块 III,人机交互模块 IV 以及执行系统模块 V。

[0008] 所述的信号采集及处理模块 I 利用毫米波雷达 I-1 得到目标 X 相对自车 Z 的速度、距离和方位角,并经过处理器 I-2 处理后输出;自车信息采集模块 II 利用 ABS 轮速传感器 II-1 得到自车 Z 的车速和路面附着系数,并经过副处理器 II-2 处理后输出;判断识别模块 III 根据处理器 I-2 输入的速度、距离和方位角数据,以及副处理器 II-2 输入的自车 Z 车速和路面附着系数,利用识别器 III-1 判断目标 X 的类型并将目标类型传输给人机交互模块 IV,将控制策略传输给执行系统模块 V。人机交互模块 IV 通过显示报警器 IV-1 的指示灯和声音等提醒驾驶员目标类型和应采取的措施;执行系统模块 V 是在驾驶员没有采取行动的

情况下,利用规避控制器 V-1 根据目标类型自动采取相应的制动或减速等规避控制措施。

[0009] 优选地,所述的识别器 III-1 判断目标 X 的类型时采用先方位角初步筛选,后安全车距精确识别的识别器算法,有效地识别出目标类型并输送给后续模块。

[0010] 优选地,本发明采用以下 4 种安全车距模型:安全临界车距、锁定目标车距、危险临界车距和极限临界车距。细分了汽车与目标之间的距离,提高了系统的安全性。

[0011] 优选地,所述的执行系统模块 V 中规避控制器 V-1 采取的规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略,根据驾驶员的要求自行选择,更人性化。

[0012] 根据汽车制动时的运动情况建立安全车距的模型为:

$$[0013] \quad d = d_1 - d_2 + d_0 \quad (1)$$

[0014] 其中 d 为安全车距, d_1 为自车 Z 所驶过的距离, d_2 为目标 X 所驶过的距离, d_0 为表示两车脱离危险后所要保留的最小安全车距,一般取 2 ~ 5m。

[0015] 本发明根据车辆制动学理论建立了四种安全车距模型:安全临界车距、锁定目标车距、危险临界车距和极限临界车距。

[0016] 安全临界车距是预判车辆的运行状况是否安全的指标,高于此值便安全;对应的危险临界车距预判车辆的运行工况是否危险,低于此值则危险。锁定目标车距是在安全临界车距上增加一段距离,根据驾驶员的熟练程度自行通过人机交互模块 IV 设定;极限临界车距是汽车不发生追尾事故所需维持的极限车距。

[0017] 安全临界车距为:

$$[0018] \quad d_s = \frac{1}{3.6}(t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (2)$$

[0019] 其中, d_s 为安全临界车距, u_1 为自车 Z 的运动速度; u_2 为目标 X 的运动速度; $u_{rel} = u_1 - u_2$, 为两车的相对速度; t_1 为自车 Z 驾驶员反应时间,该时间长短因人而异; t_2 为自车 Z 消除制动间隙时间; t_3 为两车的制动力增长时间,假设相同; $a_1 = a_2 = a_\mu$, 为两车的制动减速度均是来自地面的最大制动减速度,由地面附着系数决定, $a_\mu = \mu \cdot g$, μ 为地面附着系数, g 为重力加速度。

[0020] 锁定目标车距为:

$$[0021] \quad d_t = \frac{1}{3.6}(t_0 + t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (3)$$

[0022] 其中, d_t 为锁定目标车距, t_0 为提前预告的时间,是依据驾驶员特性和驾驶习惯所设定的,驾龄较短或驾驶技术欠缺的驾驶员希望这段时间长些,以便帮助预告即将出现的不安全状况;技术娴熟或反应敏捷的驾驶员希望这段时间短些,甚至是消除这段时间,以便降低主动防撞预警系统的灵敏度和减少不必要的告警次数,建议 t_0 取 0 ~ 1s。

[0023] 危险临界车距为:

$$[0024] \quad d_d = \frac{t_2}{3.6}u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (4)$$

[0025] 极限临界车距为:

$$[0026] \quad d_L = \begin{cases} \frac{1}{3.6} (t_2 + \frac{t_3}{2}) u_1 + \frac{1}{25.92} [\frac{u_1^2}{a_\mu} - \frac{(u_1 - u_{rel})^2}{a_2}] + d_0 & a_2 > \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \\ \frac{1}{3.6} (t_2 + \frac{t_3}{2}) u_1 + \frac{u_{rel}^2}{25.92(a_\mu - a_2)} + d_0 & a_2 < \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \end{cases} \quad (5)$$

[0027] 其中, a_2 为目标 X 制动减速度。

[0028] 从安装在自车 Z 上的 ABS 轮速传感器 II-1 可得驱动轮转速和从动轮转速。汽车的滚动车速为驱动轮转速与车轮半径的乘积, 汽车的实际行驶车速为从动轮转速与车轮半径的乘积。

[0029] 滑动率:

$$[0030] \quad s = \frac{u_w - r_{r0} \omega_w}{u_w} \times 100\% \quad (6)$$

[0031] 其中, s 为滑动率, u_w 为汽车的实际车速, $r_{r0} \omega_w$ 为汽车的滚动车速。

[0032] 由滑动率 s 在路面附着系数 - 滑动率曲线 ($\mu - s$ 曲线) 插值得到路面附着系数 μ 的数值。

[0033] 此外, 本发明默认驾驶员的反应时间为平均值, 自车 Z 消除间隙时间为平均值, 两车制动力增长时间为平均值。系统根据相对的速度, 实际车速, 路面附着系数, 时间值实时计算安全车距。

[0034] 判断识别模块 III 首先根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于临界方位角则直接判断为非危险目标, θ 小于临界方位角则计算安全车距。其次, 将距离与安全车距比较, 确定目标类型。临界方位角可以取 $25^\circ - 35^\circ$, 以下以临界方位角等于 30° 为例进行介绍。

[0035] 判断识别模块 III 将目标类型输送给人机交互模块 IV。人机交互模块 IV 中显示报警器 IV-1 的人机界面包括信息显示和参数设定两部分。其中信息显示部分包括威胁目标提醒、危险等级显示、蜂鸣器、车速车距 LED 显示等, 参数设定包括选择规避控制策略、设定驾驶员特有的行车参数等。

[0036] 与此同时, 判断识别模块 III 将应采取的控制策略输送给执行系统模块 V。执行系统模块 V 的规避控制器 V-1 针对目标类型制定了不同的规避控制策略。规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略。其中偏于安全的控制策略是以锁定目标车距、安全临界车距和危险临界车距作为分界点; 兼顾舒适性的控制策略是以安全临界车距、危险临界车距和极限临界车距作为分界点。采用何种控制策略由驾驶员在人机交互界面上设定。

[0037] 具体地, 偏于安全的控制策略过程是:

[0038] 首先, 判断识别模块 III 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于 30° 直接判断为非危险目标, θ 小于 30° 则计算安全车距;

[0039] 其次, 将自车 Z 与目标 X 的距离 R 与锁定目标车距 d_l 比较, 若大于则为非危险目标, 采取安全控制策略; 若小于则继续与安全临界车距 d_s 比较, 若大于则为临界危险目标, 采取报警控制侧路; 若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较, 若大于则为临界危险目标, 采取减速控制策略, 若小于则为危险目标, 采取制动控制策略。

[0040] 具体地,兼顾舒适性的控制策略的过程是:

[0041] 首先,判断识别模块 III 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于 30° 直接判断为非危险目标, θ 小于 30° 则计算安全车距;

[0042] 其次,将自车 Z 与目标 X 的距离 R 与安全临界车距 d_s 比较,若大于则为非危险目标,采取安全控制策略;若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较,若大于则为临界危险目标,采取报警控制侧路;若小于则继续与极限临界车距 d_l 比较,若大于则为临界危险目标,采取减速控制策略,若小于则为危险目标,采取制动控制策略。

[0043] 规避控制策略的三个分界点将距离分成了四个范围,每个范围在人机界面上有不同的显示。第一个范围内人机界面绿色指示灯常亮,称为“安全控制策略”;第二个范围内人机界面出现“小心驾驶”并伴有低频的“滴滴”警告声,黄绿色指示灯闪烁,称为“报警控制策略”;第三个范围内人机界面出现“减速行驶”并伴有较高频的“滴滴”警告声,同时自动减速,橙黄色指示灯闪烁,称为“减速控制策略”;第四个范围人机界面出现“紧急制动”并伴有高频的“滴滴”警告声,快速制动,红色指示灯亮,称为“制动控制策略”。

[0044] 本发明的有益效果在于:提出了一种建立细化的安全车距模型及可供选择的规避控制策略,从而能提前足够的时间提醒驾驶员采取措施以保证安全舒适行驶。能有效识别出危险目标并提醒驾驶员,若驾驶员没有采取措施则自动制动或减速保证安全行驶。本发明采用以下 4 种安全车距模型。细分了汽车与目标之间的距离,提高了系统的安全性。本发明采取的规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略,根据驾驶员的要求自行选择,更人性化。

附图说明

[0045] 图 1 为本发明的整体系统框图;

[0046] 图 2 为本发明的汽车计算安全车距模型图;

[0047] 图 3 为方位角的示意图;

[0048] 图 4 为本发明的偏于安全的控制策略的判断识别模块图;

[0049] 图 5 为本发明的兼顾舒适性的控制策略的判断识别模块图。

[0050] 图中:

[0051] I、信号采集及处理模块, II、自车信息采集模块,

[0052] III、判断识别模块, IV、人机交互模块, V、执行系统模块

[0053] I-1、毫米波雷达, I-2、处理器,

[0054] II-1、ABS 轮速传感器, II-2、副处理器,

[0055] III-1、识别器, IV-1、显示报警器, V-1、避障控制器,

[0056] X、目标, Z、自车。

具体实施方式

[0057] 下面结合附图对本发明进行详细说明。

[0058] 如图 1 所示,本发明的一种基于毫米波雷达的汽车主动防撞预警系统,主要包括信号采集及处理模块 I,自车信息采集模块 II,判断识别模块 III,人机交互模块 IV 以及执行系统模块 V。

[0059] 所述的信号采集及处理模块 I 利用毫米波雷达 I-1 得到目标 X 相对自车 Z 的速度、距离和方位角,并经过处理器 I-2 处理后输出;自车信息采集模块 II 利用 ABS 轮速传感器 II-1 得到自车 Z 的车速和路面附着系数,并经过副处理器 II-2 处理后输出;判断识别模块 III 根据处理器 I-2 输入的速度、距离和方位角数据,以及副处理器 II-2 输入的自车 Z 车速和路面附着系数,利用识别器 III-1 判断目标 X 的类型并将目标类型传输给人机交互模块 IV,将控制策略传输给执行系统模块 V。人机交互模块 IV 通过显示报警器 IV-1 的指示灯和声音等提醒驾驶员目标类型和应采取的措施;执行系统模块 V 是在驾驶员没有采取行动的情况下,利用规避控制器 V-1 根据目标类型自动采取相应的制动或减速等规避控制措施。

[0060] 所述的识别器 III-1 判断目标 X 的类型时采用先方位角初步筛选,后安全车距精确识别的识别器算法,有效地识别出目标类型并输送给后续模块。

[0061] 本发明采用以下 4 种安全车距模型:安全临界车距、锁定目标车距、危险临界车距和极限临界车距。细分了汽车与目标之间的距离,提高了系统的安全性。

[0062] 所述的执行系统模块 V 中规避控制器 V-1 采取的规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略,根据驾驶员的要求自行选择,更人性化。

[0063] 如图 2 所示,本发明根据汽车制动时的运动情况建立安全车距的模型为:

$$[0064] \quad d = d_1 - d_2 + d_0 \quad (1)$$

[0065] 其中 d 为安全车距, d_1 为自车 Z 所驶过的距离, d_2 为目标 X 所驶过的距离, d_0 为表示两车脱离危险后所要保留的最小安全车距,一般取 2 ~ 5m。

[0066] 本发明根据车辆制动学理论建立了四种安全车距模型:安全临界车距、锁定目标车距、危险临界车距和极限临界车距。

[0067] 安全临界车距是预判车辆的运行状况是否安全的指标,高于此值便安全;对应的危险临界车距预判车辆的运行工况是否危险,低于此值则危险。锁定目标车距是在安全临界车距上增加一段距离,根据驾驶员的熟练程度自行通过人机交互模块 IV 设定;极限临界车距是汽车不发生追尾事故所需维持的极限车距。

[0068] 安全临界车距为:

$$[0069] \quad d_s = \frac{1}{3.6}(t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (2)$$

[0070] 其中, d_s 为安全临界车距, u_1 为自车 Z 的运动速度; u_2 为目标 X 的运动速度; $u_{rel} = u_1 - u_2$, 为两车的相对速度; t_1 为自车 Z 驾驶员反应时间,该时间长短因人而异; t_2 为自车 Z 消除制动间隙时间; t_3 为两车的制动力增长时间,假设相同; $a_1 = a_2 = a_\mu$, 为两车的制动减速度均是来自地面的最大制动减速度,由地面附着系数决定, $a_\mu = \mu \cdot g$, μ 为地面附着系数, g 为重力加速度。

[0071] 锁定目标车距为:

$$[0072] \quad d_t = \frac{1}{3.6}(t_0 + t_1 + t_2)u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2}u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92a_\mu} + d_0 \quad (3)$$

[0073] 其中, d_t 为锁定目标车距, t_0 为提前预告的时间,是依据驾驶员特性和驾驶习惯所设定的,驾龄较短或驾驶技术欠缺的驾驶员希望这段时间长些,以便帮助预告即将出现的不安全状况;技术娴熟或反应敏捷的驾驶员希望这段时间短些,甚至是消除这段时间,以便

降低主动防撞预警系统的灵敏度和减少不必要的告警次数,建议 t_0 取 $0 \sim 1s$ 。

[0074] 危险临界车距为:

$$[0075] \quad d_d = \frac{t_2}{3.6} u_1 + \frac{t_3}{3.6 \times 2} u_{rel} + \frac{u_1^2 - (u_1 - u_{rel})^2}{25.92 a_\mu} + d_0 \quad (4)$$

[0076] 极限临界车距为:

$$[0077] \quad d_L = \begin{cases} \frac{1}{3.6} (t_2 + \frac{t_3}{2}) u_1 + \frac{1}{25.92} [\frac{u_1^2}{a_\mu} - \frac{(u_1 - u_{rel})^2}{a_2}] + d_0 & a_2 > \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \\ \frac{1}{3.6} (t_2 + \frac{t_3}{2}) u_1 + \frac{u_{rel}^2}{25.92(a_\mu - a_2)} + d_0 & a_2 < \frac{u_1 - u_{rel}}{u_1} a_\mu \end{cases} \quad (5)$$

[0078] 其中, a_2 为目标 X 制动减速度。

[0079] 从安装在自车 Z 上的 ABS 轮速传感器 II-1 可得驱动轮转速和从动轮转速。汽车的滚动车速为驱动轮转速与车轮半径的乘积,汽车的实际行驶车速为从动轮转速与车轮半径的乘积。

[0080] 滑动率为:

$$[0081] \quad s = \frac{u_w - r_{r0} \omega_w}{u_w} \times 100\% \quad (6)$$

[0082] 其中, s 为滑动率, u_w 为汽车的实际车速, $r_{r0} \omega_w$ 为汽车的滚动车速。

[0083] 由滑动率 s 在路面附着系数-滑动率曲线 ($\mu-s$ 曲线) 插值得到路面附着系数 μ 的数值。

[0084] 此外,本发明默认驾驶员的反应时间为平均值,自车 Z 消除间隙时间为平均值,两车制动力增长时间为平均值。系统根据相对的速度,实际车速,路面附着系数,时间值实时计算安全车距。

[0085] 判断识别模块 III 首先根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标,方位角如图 3 所示, θ 大于 30° 直接判断为非危险目标, θ 小于 30° 则计算安全车距。其次,将距离与安全车距比较,确定目标类型。

[0086] 判断识别模块 III 将目标类型输送给人机交互模块 IV。人机交互模块 IV 中显示报警器 IV-1 的人机界面包括信息显示和参数设定两部分。其中信息显示部分包括威胁目标提醒、危险等级显示、蜂鸣器、车速车距 LED 显示等,参数设定包括选择规避控制策略、设定驾驶员特有的行车参数等。

[0087] 与此同时,判断识别模块 III 将应采取的控制策略输送给执行系统模块 V。执行系统模块 V 的规避控制器 V-1 针对目标类型制定了不同的规避控制策略。规避控制策略分为偏于安全的控制策略和兼顾舒适性的控制策略。其中偏于安全的控制策略是以锁定目标车距、安全临界车距和危险临界车距作为分界点;兼顾舒适性的控制策略是以安全临界车距、危险临界车距和极限临界车距作为分界点。采用何种控制策略由驾驶员在人机交互界面上设定。

[0088] 具体地,如图 4 所示,偏于安全的控制策略过程是:

[0089] 首先,判断识别模块 III 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于 30° 直接判断为非危险目标, θ 小于 30° 则计算安全车距;

[0090] 其次,将自车 Z 与目标 X 的距离 R 与锁定目标车距 d_l 比较,若大于则为非危险目标,采取安全控制策略;若小于则继续与安全临界车距 d_s 比较,若大于则为临界危险目标,采取报警控制侧路;若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较,若大于则为临界危险目标,采取减速控制策略,若小于则为危险目标,采取制动控制策略。

[0091] 具体地,如图 5 所示,兼顾舒适性的控制策略的过程是:

[0092] 首先,判断识别模块 III 根据方位角 θ 的范围直接判断是否是危险目标, θ 大于 30° 直接判断为非危险目标, θ 小于 30° 则计算安全车距;

[0093] 其次,将自车 Z 与目标 X 的距离 R 与安全临界车距 d_s 比较,若大于则为非危险目标,采取安全控制策略;若小于则继续与危险临界车距 d_d 比较,若大于则为临界危险目标,采取报警控制侧路;若小于则继续与极限临界车距 d_l 比较,若大于则为临界危险目标,采取减速控制策略,若小于则为危险目标,采取制动控制策略。

[0094] 规避控制策略的三个分界点将距离分成了四个范围,每个范围在人机界面上有不同的显示。第一个范围内人机界面绿色指示灯常亮,称为“安全控制策略”;第二个范围内人机界面出现“小心驾驶”并伴有低频的“滴滴”警告声,黄绿色指示灯闪烁,称为“报警控制策略”;第三个范围内人机界面出现“减速行驶”并伴有较高频的“滴滴”警告声,同时自动减速,橙黄色指示灯闪烁,称为“减速控制策略”;第四个范围人机界面出现“紧急制动”并伴有高频的“滴滴”警告声,快速制动,红色指示灯亮,称为“制动控制策略”。

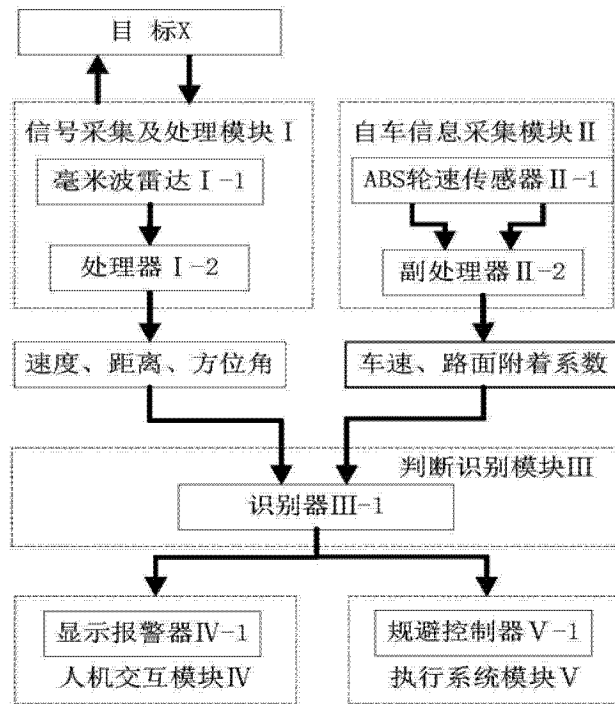


图 1

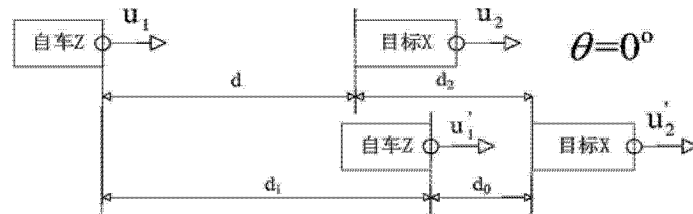


图 2

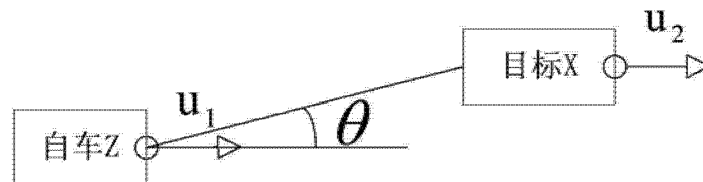


图 3

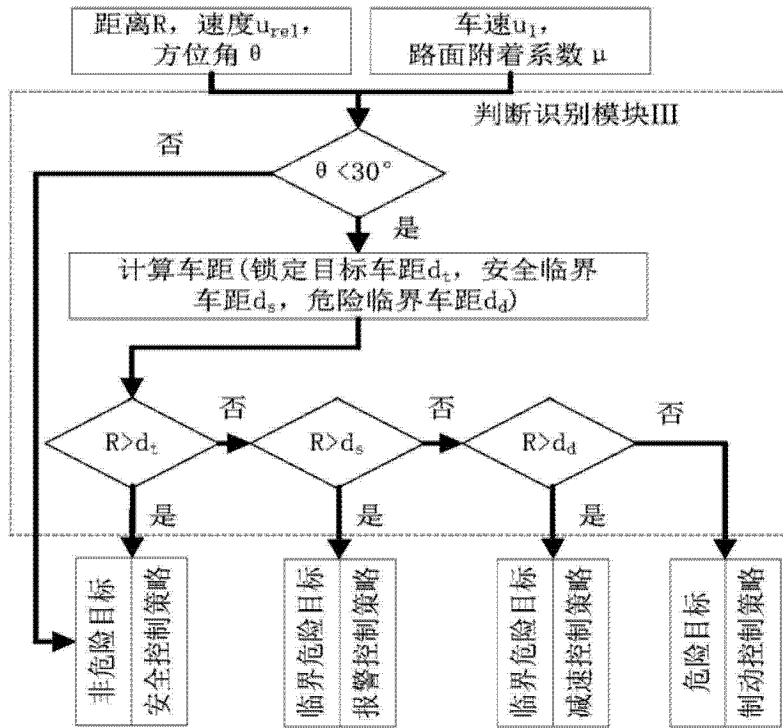


图 4

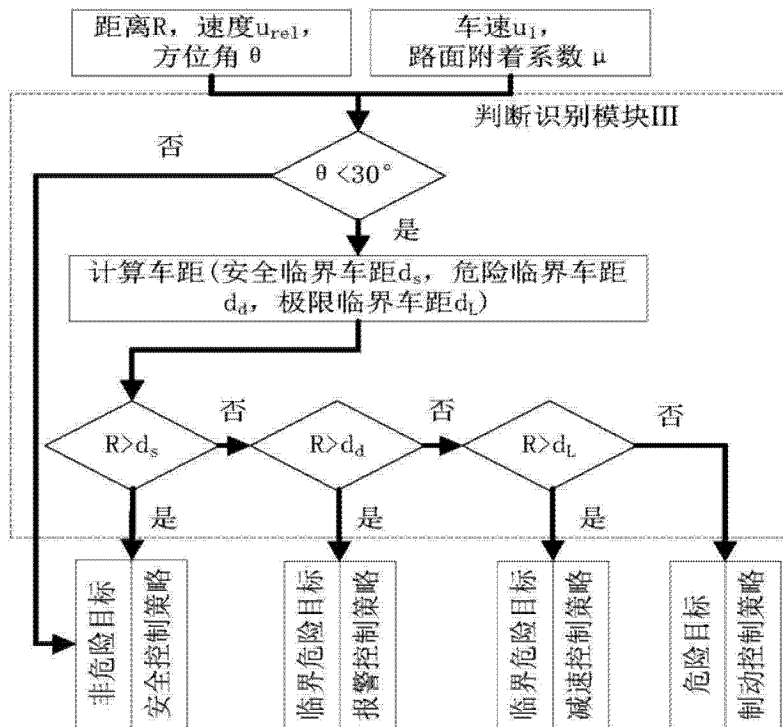


图 5