

智能交通

雷达与视觉技术相结合 避免车辆碰撞

将机器视觉与雷达技术相结合，使得赛车手能够一眼瞥见赛车后面的情况。

作者：Chris Hammond，Pratt & Miller Engineering公司嵌入式系统工程师

即使对于富有经验的车手而言，耐力赛也是一项极具挑战性的任务。他们必须不分白昼、长时间地在汽车的极限状态下驾驶，而且还要经常面对恶劣的天气条件，如雨天和雾天。

在这些比赛中，车手很难了解他们身后赛车的数量、速度及位置。除非不断地观察后视镜，否则他们可能觉察不到其他车辆正在接近，或即将赶上。然而，不断观察后视镜会分散车手的注意力，并且这也是一项艰巨的任务，尤其是当车手开始疲劳的时候。

通过在车辆上配置后视摄像头，并在座舱中安装显示器，能够使车手更全面地看到跟随在身后的赛车。但不幸的是，这种摄像头在夜间行驶时有极大的局限性，而在摄像头被水、灰尘或泥土覆盖时，显示屏上的图像也会模糊不清。

在2010年的勒芒24小时耐力赛（24 Hours of Le Mans）上，Pratt & Miller Engineering公司的克尔维特车队感受到了对更好解决方案的急切需求。

当时克尔维特车队领先，正以每小时140英里的速度驶向赛道中非常

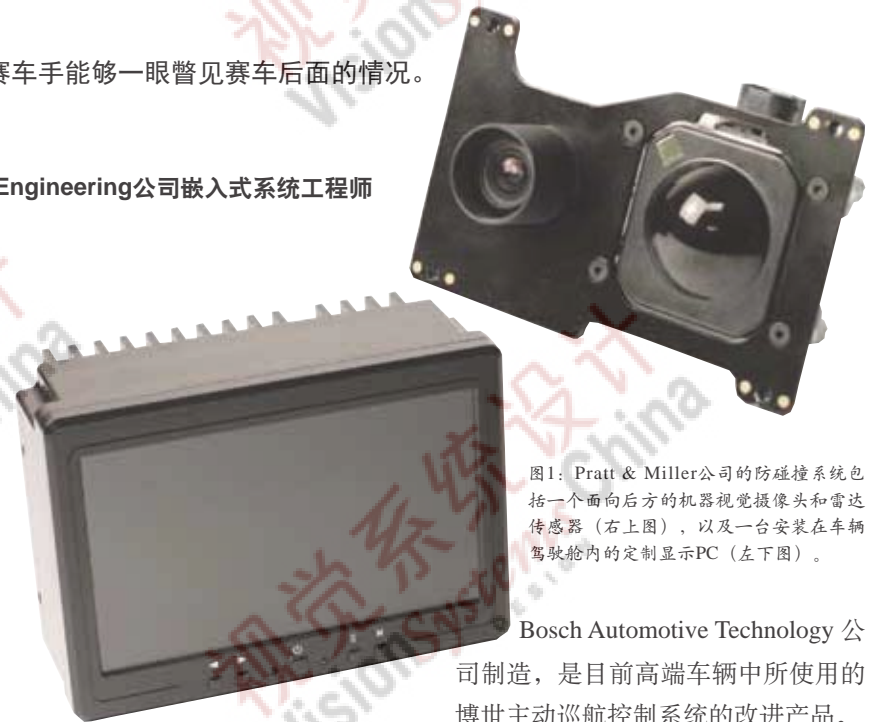


图1：Pratt & Miller公司的防碰撞系统包括一个面向后方的机器视觉摄像头和雷达传感器（右上图），以及一台安装在车辆驾驶舱内的定制显示PC（左下图）。

具有技术性的赛段，当其突然被一辆更快的原型级赛车意外地从内侧赛道超越。克尔维特车队突然被逼到外侧赛道，失去了抓地力，车尾首先撞入护栏并滑出赛道。撞车以及在维修站损失的时间，最终使克尔维特车队丢掉了登上领奖台的机会。

为了解决这些问题，Pratt & Miller Engineering公司开发出了一套防碰撞系统，其将雷达和视觉技术相结合，使得驾驶员（不管是否在耐力赛中）能够一眼瞥见车后面的情况，即使是在非常恶劣的天气条件下。

防碰撞

系统中使用的远程雷达传感器由

Bosch Automotive Technology公司制造，是目前高端车辆中所使用的博世主动巡航控制系统的改进产品。

雷达传感器探测到物体，并测量物体相对于装配该雷达的车辆运动的相对速度和位置。为了实现这一功能，该传感器具有四个天线单元，能同时传送频率在76~77GHz范围内的雷达波。这些雷达波被车辆后面的物体所反射。

通过比较天线单元接收到的信号回波的振幅和相位，能够获得物体的位置信息。物体的相对速度采用多普勒效应测量，车辆与物体之间的距离可以通过发送和接收的雷达信号之间的时间延迟来确定。

商品化的雷达产品只能提供单一车辆的位置和相对速度数据，而Pratt & Miller的系统中所使用的赛车

版雷达，能够对多达 32 辆汽车的位置、相对速度和横向距离进行追踪，最远追踪距离高达 60m，更新速率为 10Hz。

博世雷达系统与 IDS Imaging Development Systems 公司的分辨率为 1024×600 的 GigE 5240RE 机器视觉摄像头一起，安装在定制支架中，能以每秒 30 帧的速度同时拍摄后面车辆的图像。防撞系统之所以选择 5240RE 摄像头，是由于其具有耐用、低延迟和全局快门等优点。

归功于其 IP65/67 的高防护等级，5240RE 机器视觉摄像头具有防尘、防水等优点，从而使其能在 4~5G 载荷、暴露在制动尘埃和潮湿环境的条件下，一次连续运转 24 小时。

在选择摄像头时，捕捉图像与其显示在 PC 显示屏上之间的时间延迟，也是非常重要的考虑因素。帧率为 30fps 的 GigE 5240RE 摄像头，其时间延迟约为 50ms，基本上能够在显示屏上实时显示车辆后面的情况。

因为摄像头需要在承受 4~5G 振动的情况下，拍摄迅速移动物体的图像，因此不能采用卷帘式快门的摄像头。5240RE 摄像头采用全局快门，能一次同时捕捉整个图像，消除了卷帘式快门的伪影现象。

图像拍摄完成后，这些图像数据将通过 GigE 接口传输到显示模块，该显示模块基于采用英特尔酷睿 i3 处理器的 Linux PC；同时使用一个独立的 CAN（控制器局域网）总线将数据从雷达传感器传送到 PC（见图 2）。此外，利用安装在车辆上的传感器和陀螺仪和第二个 CAN 总线接口，将车辆的时速和车轮旋转速度（或者横摆率）也传输到 PC。

仪表盘上用于控制仪表盘调

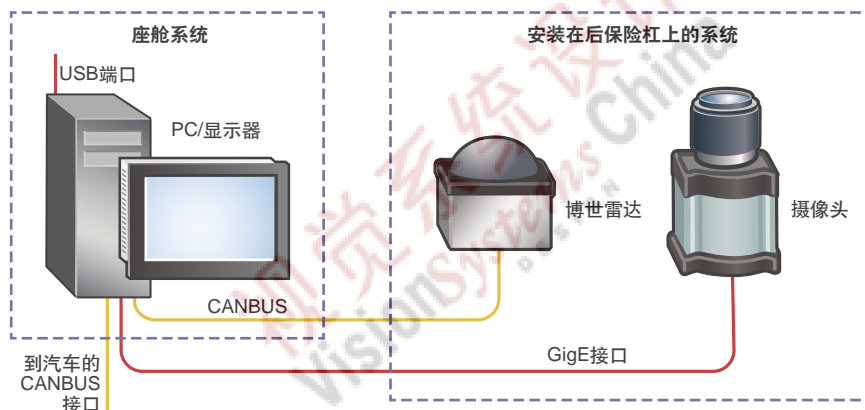


图2：PC显示模块通过CANBus网络，从博世的雷达传感器获取数据，通过GigE接口从IDS的摄像头获取数据，通过独立的CANBus接口采集车轮速度传感器和陀螺仪的数据。

光器的开关的档位，也通过相同的 CAN 总线接口传输到 PC 上，这样当晚上驾驶员调低仪表的亮度时，PC 显示也会有类似的响应。

彩色V形图标

PC 机上运行在 Linux 系统下的 Python 程序，通过雷达传感器得出相对速度数据，并通过驾驶员所驾驶汽车的车轮速度数据，计算后面车辆的绝对速度。该数据与来自雷达传感器的位置和加速度数据一起，用于计算彩色 V 形图标的大小、形状、位置和颜色，并叠加在来自机器视觉摄像头的图像上，在 LCD 上显示。

V 形图标代表了后面车辆的速度、距离和横向位置（见图 3）。为了获得直观的界面，V 形图标在三维空间画出，然后利用校准的摄像头模型变换成像素值。其结果是“视频游戏风格”的增强现实显示，其中 V 形图标真正盘旋在汽车上方。因此，车手无需专门培训就能立即理解这些标记，更为重要的是，这也将最低限度地分散驾驶注意力。

V 形图标的颜色有：红色、黄色和绿色。红色表示一辆汽车正在迅速接近；黄色表示两辆车的速度相当；而绿色表示该汽车正在落后。由于 V 形图标是 3D 的，它们的大小表示身



图3：LCD屏幕上叠加了彩色的V形图标，标示出了身后车辆的距离、速度和车辆的偏移量。



图4：当一辆汽车试图超车时，系统软件在屏幕上显示一个硕大的闪烁箭头，立即引起车手注意。



图5：即使在夜间行驶时，该系统也可以让驾驶员看到身后车辆的位置、速度和距离。

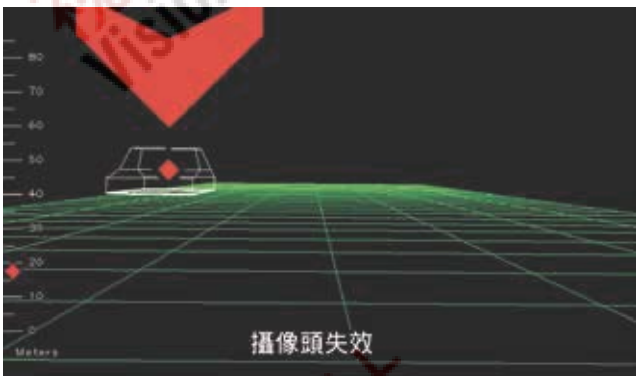


图6：如果摄像头在比赛中发生故障或被损坏，该软件可使用雷达传感器的数据来重建汽车的3D模型，并将其叠加显示在显示屏上。

后车辆对应的距离。

除了显示身后每辆车的距离和速度之外，该系统也可以判断身后车辆落后了多长时间（以秒计），并将该数据突出显示在显示屏旁边的仪表上。该数据对于车手衡量自身表现至关重要。

因为从雷达获取数据的速率为 10Hz，所以从雷达获取的相对速度、距离和偏移等数据的速率可能不够快，不能确保系统在车辆快速过弯时，实时在显示器上更新 V

形图标的大小、颜色和位置。

为了弥补该缺点，在那段时间内，该系统将从车轮传感器和陀螺仪获取的车轮速度和偏航数据送入卡尔曼式滤波器中，与从雷达传感器获得的最新估测一起，预测显示器上 V 形图标最有可能的位置和大小。这样，车手便能总能获得身后车辆的速度和距离的准确而顺畅的指示。

该系统的另一项主要功能是：当另一辆汽车试图超车时，将显示一个硕大的闪烁箭头，引起车手注意，并指示对手试图从哪一侧超车。这个箭头的颜色范围：红色、黄色和绿色——其表明了正准备超车的车辆的接近速度（见图 4）。

该系统真正体现价值的时刻是在夜间或恶劣的天气条件下。通常，在夜间驾驶员的后方视野非常小，但是有了额外的雷达数据，就能够提供后方车辆的完整信息（见图 5）。

当比赛中遇到下雨或潮湿的情况，后视摄像头可能会被水、灰尘或泥覆盖。在这种情况下，往往难以从显示器图像的图像上辨别身后车辆的状态。然而，利用雷达传感器获得的数据，车手仍然能得到身后车辆及其距离的明确指示。

在许多耐力赛中，GT 级克尔维特与更快的原型级汽车竞争，恶劣天气情况已经导致赛道上出现许多碰撞。但是，由于防碰撞系统可以计算出车辆身后汽车的加速度，确定其是否属于更快级别的车辆类型。如果确实是更快的车辆，系统将通过车辆的 V 形指示器突出显示一个十字，警告车手为即将发生的超车做好准备。

如果摄像头在比赛中发生故障或损坏，该软件可使用雷达传感器的数据来重建汽车的 3D 模型，并将其叠加显示在显示屏上。因此，即使没有摄像头图像，车手仍然可以看见身后车辆的位置、距离和速度（见图 6）。

该系统也将视频实时记录在 PC 的 240GB 硬盘驱动器上。比赛结束后，可通过 USB 端口将视频从系统下载到 PC 上，通过分析视频，可以对系统的性能及车手的表现做出评价。通过重放这些日志文件，也可以对代码更改进行测试，以确保能够在有限的赛道时间内正常工作。

2013 年 3 月 16 日，在佛罗里达州的赛百灵国际赛道举行的耐力运动汽车赛——2013 赛百灵 12 小时耐力赛上，该系统首次亮相。该系统被证明能够为车手提供丰富的信息；相比之下，传统的后视镜将会分散车手的部分注意力。Pratt & Miller 公司一辆配有新型雷达系统的克尔维特赛车 C6.R，在比赛过程中没有发生与超出相关事故，并赢得了 GT 级的冠军。Ⓜ