

智能汽车技术发展趋势

陈慧, 徐建波

(同济大学汽车学院, 上海 201804)

摘要 机电信息系统的高性能化发展使智能汽车成为可能。智能汽车可以通过感知驾驶环境(人-车-路)并提供信息和车辆控制,帮助或替代驾驶员进行最安全、最高效、最舒适的车辆操控。本文从交通安全、节能减排、城市/交通规划这几个角度入手,分析了当前智能汽车技术对汽车产业乃至整个社会的影响,对自动驾驶汽车技术的发展现状进行了综述。基于以上分析对智能汽车技术的发展趋势和前景进行了讨论。

关键词 智能汽车;自动驾驶;发展现状;关键技术;趋势

Trends of Intelligent Vehicle Technology

CHEN Hui, XU Jian-bo

(School of Automobile Studies, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract :The development of high- performance mechatronic systems and information systems have made it possible to intelligent vehicles. It can help or replace the driver to drive the vehicle safely, efficiently and most comfortably by perceiving the driving environment (people- car- road), and providing information for vehicle control. In consider of the traffic safety, energy conservation and emissions reduction, urban and transportation planning, this article analyzed the impact of the current intelligent vehicle technology to the automotive industry and the whole society, the development status of autonomous vehicles technologies are reviewed. Based on the above analysis ,the trends and prospects of intelligent vehicle technologies were discussed.

Key words :Intelligent Vehicle; Automatic driving; State of the Art; Key technology; Trends

1 引言

近年来,随着经济的发展和城镇化的推进,全球汽车保有量和道路里程逐步增加,诸如交通拥堵、事故、污染、土地资源紧缺等一系列传统汽车无法妥善

解决的问题日益凸显。而被视为有效解决方案的智能汽车技术,其发展备受瞩目。美国电气和电子工程师协会(IEEE)预测,至2040年,自动驾驶车辆所占的比例将达到75%^[1]。汽车交通系统概念将迎来变革,智能汽车可能颠覆当前的汽车交通运输产业

运作模式。

智能汽车技术是指通过感知驾驶环境(人-车-路)并提供信息或车辆控制,帮助或替代驾驶员最优(安全-高效-舒适-便利等)操控车辆的技术。它主要包括驾驶辅助和自动驾驶两个方面。

主动安全技术则是指为了避免交通事故所采取的预防事故发生的技术,相对于被动安全(减少交通事故造成的伤害)而言,广义的主动安全技术也包含了驾驶辅助系统中有关安全方面的驾驶辅助技术。

美国高速公路安全管理局(NHTSA)将汽车自动化定义为以下五个层次^[2]:

(1)无自动驾驶(Level 0) 完全由驾驶员时刻操控汽车的行驶,包括制动、转向、油门以及动力传动。

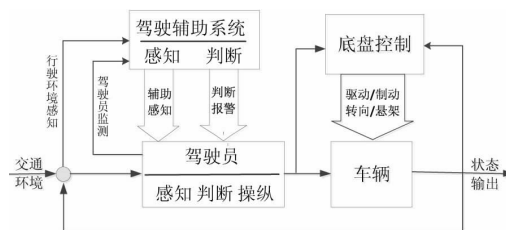
(2)具有特定功能的自动驾驶(Level 1):该层次汽车具有一个或多个特殊自动控制功能,例如电子稳定性控制(ESC)、自动紧急制动(AEB)等,车辆通过控制制动帮助驾驶员重新掌控车辆或是更快速的停车。

(3)具有复合功能的自动驾驶(Level 2):该层次汽车具有将至少两个原始控制功能融合在一起实现的系统(如自适应巡航控制与车道保持融合一体),完全不需要驾驶员对这些功能进行控制,但驾驶员需要一直对系统进行监视并准备在紧急情况时接管系统。

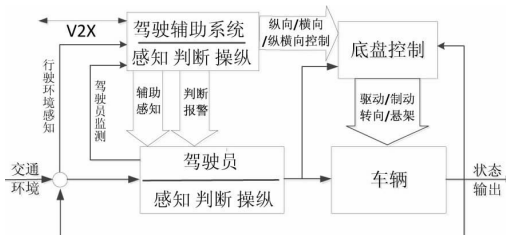
(4)具有限制条件的无人驾驶(Level 3):该层次汽车能够在某个特定的驾驶交通环境下让驾驶员完全不用控制汽车,而且可以自动检测环境的变化以判断是否返回驾驶员驾驶模式,驾驶员无需一直对系统进行监视,可称之为“半自动驾驶”。目前,谷歌无人驾驶汽车基本处于这个层次。

(5)全工况无人驾驶(Level 4):该层次系统完全自动控制车辆,全程检测交通环境,能够实现所有的驾驶目标,乘员只需提供目的地或者输入导航信息,在任何时候都不需要乘员对车辆进行操控,可称之为“全自动驾驶”或者“无人驾驶”。

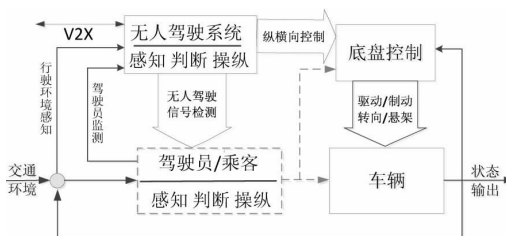
近年来,随着环境感知传感器、嵌入式系统、机



(a) 驾驶员全权驾驶(Level 0)



(b) 辅助驾驶(Level 1/2)



(c) 自动驾驶(Level 3/4)

图1 不同驾驶形式作用示意图

电执行机构等机电信息系统的高性能化发展,使得智能汽车成为可能,这也将给整个汽车产业带来巨大的变革。本文对当前智能汽车技术发展现状进行了简要的综述,并就智能汽车技术对各领域带来的作用和它未来的发展趋势进行了相应的讨论。

2 智能汽车技术的作用

智能汽车技术的潜在作用是明显的,主要包含交通安全、节能环保、道路容量、城市/交通规划、新商业模式等几个方面。文献[3]从行车安全、环保、道路容量等几个方面,介绍了不同车辆自动化等级带来的不同程度影响。下面将主要从自动化等级较高的无人驾驶方面分析一下智能车技术的潜在作用。

2.1 交通安全

在道路基础设施日趋完善、安全度提升空间受

限的情况下,汽车的行驶安全性得到越来越多的重视。针对自然驾驶的研究表明:78%的行车碰撞事故和65%的临近碰撞事故,是由于驾驶员分心导致的^[4],而传统的自主安全系统(autonomous safety systems)无法摆脱驾驶员操纵受限制的影响,在交叉路口安全、行人安全、夜间行车安全等方面存在一定的局限。智能汽车可采用车路协同系统通过车载设备与路侧系统以及周边车载设备的通信,为驾驶者提供全时空信息,实现车路间的最大协调以及更安全的驾驶,能够弥补很多自主安全系统无法解决的问题。另一方面,结合驾驶辅助的主动安全技术如:自适应巡航、车辆接近通报装置、夜视辅助、自适应前照明系统等,都将使智能汽车行驶更加安全可靠。如果采用无人驾驶,则汽车交通事故发生率有望下降到零,因为自动驾驶汽车由行车电脑精确控制,可以有效减少酒驾、疲劳驾驶、超速等人为不遵守交通规则导致的交通事故,即使受其他汽车交通事故发生率的干扰,自动驾驶汽车市场份额的高速增长也会使整体交通事故发生率稳步下降。不仅如此,无人驾驶汽车也将帮助行动不便的老人或者患者实现独立安全出行的梦想。

2.2 节能减排

智能汽车将提高车辆利用率,降低汽车总销量,减轻汽车对环境的污染。根据谷歌无人驾驶汽车团队的统计,传统汽车在大部分时间内(96%)处于空闲状态,利用率较低^[5]。无人驾驶汽车可以按照时间顺序依次供需要的人使用,因此可以更好地统筹安排家庭内车辆使用,提高车辆的使用效率,减少车辆消费总量,有效减少碳排放。当交通不再拥堵时,行车电脑控制的无人驾驶汽车可以将车近乎定速行驶,车辆也无需在停车起步之间不断切换,大大降低了能耗。另一方面,智能汽车可以根据实时路况自动选择到达目的地的最优路径,能源消耗更少。队列行驶也是智能汽车的另一种形式,即有人驾驶领头车辆,后面跟随着无人驾驶车辆编队,研究表明^[6]:这一行驶方式能有效减少总体行车的风阻,进而降

低能耗。

2.3 城市/交通规划

智能汽车有助于改变当前城市规划和汽车交通基础设施状况,影响汽车运输相关产业的发展。当交通拥堵不再是问题,人们可以接受更长的通勤距离,汽车可以是家和办公室的自然延伸,更有利于新型的城镇化建设。另一方面,智能汽车的运行需要配套的交通基础设施,由于无人驾驶汽车靠传感器感知路面障碍,或者通过4G/DSRC与道路设施通信,因此需要在交叉路口、路侧、弯道等布置引导电缆、磁气标志列、雷达反射性标识、传感器、通信设施等。当前的基础设施建设情况将不再适用,这省去了超宽车道、护栏、停车标志、振动带等现有设置的交通道路,道路容量将会成倍增加。无人驾驶技术将会消灭堵塞的街道和大市区超宽的公路,对高速公路的需求也会随之减少。汽车将成为物联网的一个结点,或许将来人们用手机招共享的汽车,更大提高出行效率。

3 自动驾驶汽车技术发展现状

在自动驾驶汽车研究方面,非汽车厂商表现抢眼,以谷歌自动驾驶汽车为例,在2010年,谷歌公司在官方博客中宣布,正在开发自动驾驶汽车,目标是通过改变汽车的基本使用方式,协助预防交通事故,将人们从大量的驾车时间中解放出来,并减少碳排放。到目前为止,谷歌已经申请和获得了多项相关专

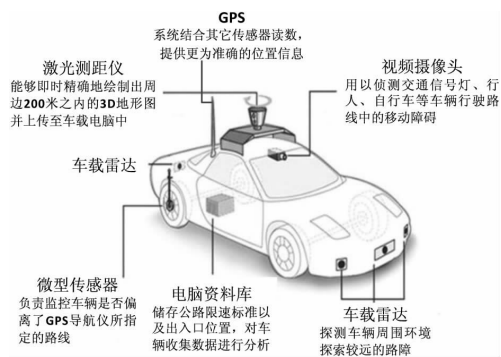


图2 谷歌无人驾驶汽车示意图^[7]

利,其无人驾驶汽车于 2012 年获得牌照上路,总驾驶里程已经超过了 48.3 万千米,并且几乎零事故发生率。

谷歌自动驾驶汽车^[8]外部装置的核心是位于车顶的 64 束激光测距仪,能够提供 200 英尺以内精细的 3D 地图数据,无人驾驶车会把激光测到的数据和高分辨率的地图相结合,做出不同类型的数据模型以便在自动驾驶过程中躲避障碍物和遵循交通法规。安装在前挡风玻璃上的摄像头用于发现障碍物,识别街道标识和交通信号灯。GPS 模块、惯性测量单元以及车轮角度编码器用于监测汽车的位置并保证车辆行驶路线。汽车前后保险杠内安装有 4 个雷达传感器(前方 3 个,后方 1 个),用于测量汽车与前(和前置摄像头一同配合测量)后左右各个物体间的距离。在行进过程中,用导航系统输入路线,当汽车进入未知区域或者需要更新地图时,汽车会以无线方式与谷歌数据中心通信,并使用感应器不断收集地图数据,同时也储存于中央系统,汽车行驶得越多,智能化水平就越高。

意大利帕尔马大学 Vislab 实验室研制的无人车于 2010 年经过意大利、斯洛文尼亚等到达中国上海,行程 15900 千米。它利用太阳能作为辅助动力源,配备 5 个激光雷达、7 个摄像机、GPS 全球定位、惯性测量设备、3 台 Linux 电脑和线控驾驶系统。2013 年,他们的无人驾驶车在无人驾驶的情况下成功识别了交通信号灯、有效避开行人,成功驶过十字路口、环岛等常见的城市危险路况^[9]。

德国汉堡 IBEO 公司早在 2007 年开发了无人驾驶汽车。行驶过程中,车内安装的全球定位仪将随时获取汽车所在准确方位。隐藏在前灯和尾灯附近的激光雷达随时“观察”汽车周围 200 码(约 183 米)内的道路状况,并通过全球定位仪路面导航系统构建三维道路模型。它能识别各种交通标识,保证汽车在遵守交通规则的前提下安全行驶,安装在汽车后备箱内的计算机将汇总、分析两组数据,并根据结果向汽车传达相应的行驶命令。

在汽车厂商方面,由通用汽车联合卡内基梅隆

大学以及来自其它行业的众多合作伙伴研发的雪佛兰 Tahoe Boss,集激光雷达、毫米波雷达、可视 GPS 定位系统等高科技手段于一身,可使其对周边情况精确掌握通过应用这些高科技技术,雪佛兰 Tahoe Boss 在行驶途中对道路条件、周围车辆、路上障碍可以迅速做出正确的判断,并应用高性能计算装置,计算出精确的行驶路线,以避免碰撞的发生,最终安全抵达目的地。另一方面,通用汽车于 2010 年推出的电动联网概念车 EN-V 实现了车联网与电气化的结合,在自动驾驶模式下,EN-V 能够通过对实时交通信息的分析,自动选择路况最佳的行驶路线从而大大缓解交通堵塞。除此之外,通过使用车载传感器和摄像系统,EN-V 可以感知周围环境,在遇到障碍物或者行驶条件发生变化时能够做出迅速的调整。

奥迪无人驾驶系统使用两个雷达探头、八个超声波探头和一个广视角摄像机,可以在设定的时间内,按照导航系统提供的信息,在最高 60km/h 的速度以下自主转向、加速和刹车,实现完全的自动驾驶。搭载奥迪无人驾驶系统的车型可以在交通拥挤的城市中起、停自如,转向操作也十分灵活。在高速行驶中,能够及时根据前方车距来调整自己的速度。当前方出现险情时,奥迪无人驾驶车型能够及时刹车。

表 1 八大品牌涉及无人驾驶技术统计^[10]

厂商	代表车型	无人驾驶程度
谷歌	普锐斯、奥迪 TT	★★★★☆
雷克萨斯	LS	★★★★
沃尔沃	V60, S60, XC60	★★★★
宝马	5 系, i3	★★★★
奥迪	TTS, A6	★★★★
奔驰	新 S 系	★★★★
通用	凯迪拉克 XTS	★★★★☆
福特	—	★★★★☆

“—”为未公布,“☆”代表半星 网通社统计

其它汽车厂商,如在新能源领域已经颇有建树的日产汽车公司宣布计划于 2020 年推出带无人驾驶技术的汽车,戴姆勒汽车宣布计划在 2020 年之前开始销售自动驾驶车,大众在欧盟 HAVE it 研究项目下开发出 TAP(Temporary Auto Pilot)短时自动驾

驶技术。宝马集团携手供应商大陆集团在自动驾驶领域展开合作,共同开发驾驶员辅助系统。沃尔沃2012年在西班牙一段车流量很大的公路上进行了汽车无人驾驶的测试,行驶约193千米而没有出现任何交通事故,预计2014年将推出“交通拥堵助手”系统,该系统可以使后车在不超过48公里/小时的速度下尾随前车,在不需要驾驶员操作的情况下,自动实现加速、刹车及转向功能。

我国从上世纪80年代开始着手自动驾驶汽车的研制开发,虽与国外相比还有一些距离,但目前也取得了阶段性成果。国内国防科技大学、北京理工大学、清华大学、同济大学、上海交通大学、吉林大学等都有过无人驾驶汽车的研究项目。国防科技大学和中国一汽联合研发的红旗无人驾驶轿车高速公路试验成功。红旗HQ3无人车在高速公路环境下,完成286公里无人驾驶实验,自主超车67次,人工干预里程占自动驾驶总里程不到百分之一。同济大学汽车学院建立了无人驾驶车研究平台,实现环境感知、全局路径规划、局部路径规划及底盘控制等功能的集成,从而使无人驾驶车具备自主“思考-行动”的能力,使无人驾驶车能完成融入交通流、避障、自适应巡航、紧急停车(行人横穿马路等工况)、车道保持等无人驾驶功能。另一方面,为了促进无人车技术创新,中国“未来挑战”无人驾驶车比赛受到更多的重视,对车的性能要求不断提高,包括更为实际的模拟环境,和更加复杂的控制要求。

4 智能汽车技术的发展趋势

“电动化、智能化、网联化”被认为是汽车产业技术发展的三大趋势。其中,“智能汽车”及“车联网”技术近年来由于IT企业的强势介入,在社会上广受关注。那么未来智能汽车技术将面临哪些挑战,它的发展趋势又将如何。

4.1 关键技术

智能车是一个汇集众多高新技术的综合系统,

作为智能汽车关键环节的环境信息获取和智能决策控制依赖于传感器技术、图像识别技术、电子与计算机技术与控制技术等一系列高新技术的创新和突破。无人驾驶汽车要想取得长足的发展,有赖于多方面技术的突破和创新,图3列举了无人驾驶汽车相关的关键技术,包括环境感知、逻辑推理和决策、运动控制、处理器性能等。



图3 无人驾驶相关的关键技术^[11]

随着机器视觉(如3D摄像头技术)、模式识别软件(如光学字符识别程序)和光达系统(已结合全球定位技术和空间数据)的进步,车载计算机可以通过将机器视觉、感应器数据和空间数据相结合来控制汽车的行驶。可以说,技术的进步为各家汽车厂商“自动驾驶”的发展奠定了基石。

另一方面,智能汽车的普及还存在一些关键技术问题需要解决,包括车辆间的通信协议规范,有人无人驾驶车辆共享车道的问题,通用的软件开发平台建立、多种传感器之间信息融合以及视觉算法对环境的适应性问题等。

4.2 协同研究开发

智能汽车技术将由非汽车厂商(包括互联网企业和设备制造商)和汽车厂商协同研究开发,前者凭借强大的后台数据、网络技术、智能软件的支持,能够很好地实现汽车与云端的互联;而汽车企业则更多地考虑到车辆的实用性和安全性,他们“固守”汽车本身的优势。谁能了解终端用户并能推出满足用户的产品,谁就在市场上占据主导地位。

对于谷歌而言,对无人驾驶的研究即为原有研究核心对象提供了一个测试平台,同时获得更大的经济利益,谷歌通过强大的地图数据、移动设备操作系统和先进汽车主动安全技术的结合,用无人驾驶的方式实现了以附加值更高的方式出售地图服务。汽车厂商加快研究自动驾驶汽车,一方面源于辅助驾驶技术的积累,另一方面也是形势的紧迫性:当IT与移动互联网发展到今天,并且将会对汽车工业造成深远的影响时,或许汽车就不再单纯是个交通工具,而是具备运算与通信能力的智能终端。如果汽车厂商不关心如何把车制造的更为智能,那么机会或许只能留给谷歌、苹果,甚至是 Facebook。

4.3 其它

随着时间的推移,技术问题已经不是实现自动驾驶的最大障碍。决定其何时才能最终普及的因素或许并不在于汽车本身。所有立志推广自动驾驶的车企还需面临其他方面的挑战。

首当其冲就是法律问题,如果政府设立的法律允许自动驾驶汽车在公共道路上行驶,这就等于建立了新型的交通方式,就现阶段来看,情况并不理想。目前美国只有包括佛罗里达州在内的少数几个州已经通过相关法律,允许对全无人驾驶系统进行测试。

此外,自动驾驶事故责任认定也是一大关键问题。文献[12]从道德层面分析了这一问题,虽然从理论上来说,自动驾驶可以大幅降低事故率,但大幅降低不代表没有事故。特别是对于现阶段无人驾驶汽车在特殊情况下尚需要驾驶员介入控制汽车,出现交通事故很难确定是汽车本身的问题还是驾驶员的责任,这是法律和道德层面上的双重难题。而且汽车生产商不希望车主不驾驶汽车后,发生意外事故的责任就会转嫁到他们头上。所以,自动驾驶汽车导致事故时的责任认定是亟需法律的规范。

另一方面,无人驾驶汽车将使汽车相关商业模式以及竞争动态进行概念重构^[13],无人驾驶汽车会使各个行业的年收入锐减数千亿甚至数万亿美元,

遭到牵连的包括汽车制造商、零部件供应商、汽车经销商、汽车保险公司、汽车金融公司、汽车修理厂等等。这些传统企业必然会想法设法拉住“自动驾驶”技术发展的步伐。

5 总结

当前信息技术革命正在推动汽车设计翻开新的一页,智能汽车技术在改变人们驾驶习惯的同时,提高了交通的安全性、节能减排,带来城市/交通规划的重新布局。未来智能汽车将朝着环保节能、智能化、个性化、安全舒适的方向发展,而感知、通信技术和嵌入式系统的发展将有力地支撑智能汽车的发展。目前看来,智能汽车技术的发展还处于驾驶辅助阶段,距离发展到最高层次的半自动和全自动驾驶阶段可能尚需时日,但随着智能技术的累积,加上相关法规的制定完善以及人们的认可接受,智能汽车技术将取得快速的发展并最终促进智能汽车走向普及。

参考文献

- [1] PricewaterhouseCoopers LLP (2013) Analyst Note, Autofacts, Look Mom, No Hands!, Feb 2013. <http://emarketing.pwc.com/reaction/images/AutofactsAnalyst-NoteUS%28Feb2013%29 FINAL.pdf>
- [2] U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. National Highway Traffic Safety Administration. 30 May 2013. Retrieved 18 December 2013.
- [3] Meyer, G., et al. CityMobil2: Challenges and Opportunities of Fully Automated Mobility, in Road Vehicle Automation. 2014, Springer International Publishing. p. 169-184.
- [4] Klauer SG, Dingus TA, Neale VL, Sudweeks JD, Ramsey DJ (2006) The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: an analysis using the 100-Car naturalistic driving study data (Report No. DOT HS

810 594). National Highway Traffic Safety Administration, USDOT.

[5] 孔凡忠, 李克强. 智能汽车的概念、架构、发展现状及趋势[N]. 中国汽车报. 2014-07-11.

[6] Tsugawa S, Kato S (2010) Energy ITS: another application of vehicular communications. IEEE Commun Mag 48:120-126.

[7] Alberto Bielsa. Smart Cars: a practical implementation of M2M communications is becoming a reality ever closer[EB/OL]. http://www.libelium.com/smart_cars_m2m_accident_prevention.

[8] Erico Guizzo. How Google's Self-Driving Car Works [EB/OL]. <http://spectrum.ieee.org/autoton/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works>.

[9] Alberto Broggi. "PROUD Car Test 2013". VisLab. Retrieved 17 July 2013.

[10] 张铨. 全球 8 大汽车品牌竞相研发无人驾驶技术 [EB/OL]. 网通社. (2013-07-24). http://auto.news18a.com/news/storyst_31663.html.

com/news/storyst_31663.html.

[11] Meyer, G., et al. Bosch's Vision and Roadmap Toward Fully Autonomous Driving[J]. Road Vehicle Automation. 2014, Springer International Publishing. p. 49-59.

[12] Hevelke, A. and J. Nida-Rümelin, Responsibility for Crashes of Autonomous Vehicles: An Ethical Analysis[J]. Science and Engineering Ethics, 2014.

[13] 沃尔沃布局未来交通, 自动驾驶四重进化 [EB/OL]. 车云网. (2013-06-14) <http://www.cheyun.com/content/news/496>.

作者简介

陈慧, 同济大学汽车学院教授, 中国汽车工程学会理事、汽车智能交通分会秘书长、转向技术分会委员, 全国汽车标准化技术委员会转向系统分技术委员会委员, SAE、JSAE、IEEE 会员。主要从事汽车底盘电子控制系统技术、智能汽车技术、电机伺服控制及其应用等方面的科研与教学工作。

上接第 63 页

Name	ID(hex)	Length(bit)	Publisher	TxMode	Period...	ACD(ms)	CCD(ms)	Margin(ms)
ABS_CAN_2	230	64	CEM					
CEM_CAN_1	100	64	CEM	Periodic	40.000	100.000	51.640	48.360
DDM_CAN_1	115	64	DDM	Periodic	120.000	90.000	126.910	-36.910
SignalIDPdu8		64		Periodic	120.000	90.000	126.910	-36.910
SSig_DriverW_Status		4				90.000	126.910	
SSigLowTirePressure		4				150.000	126.910	
PDM_CAN_1	201	64	PDM	Periodic	50.000	95.000	57.450	37.550
RLDM_CAN_1	120	64	RLDM	Periodic	30.000	85.000	37.180	47.820
RRDM_CAN_1	150	64	RRDM	Periodic	20.000	150.000	27.450	122.550

图 3 VSA COM 时序分析工具给出的典型时序报告, 显示 DRC 违规情况

优势让这种方法对 FlexRay 应用形成了极大的吸引力, 能够确保汽车上对安全要求非常高的功能。

6 结论

中央网关 ECU 一部分的“通信矩阵”中。明导所开发的设计工具解决方案可用于自动合成这个数据库并按正确顺序将所有不同的信息打包成帧。

AUTOSAR 信号信息组合成协议数据单元 (PDU), 然后这些数据单元再组合成传输帧。对于 CAN 和 LIN 帧而言, 每个帧都有一个 PDU, 但一个 FlexRay 帧可能含有多个信号 PDU。

在安装一个完全定义的通信体系时会面临一个难题, 即后续很难有架构上的变化, 并可能需要对网络进行全面的重新设计, 但传输的高速和确定性等

AUTOSAR 提供了用于车载网络和 ECU 设计的预定义标准方法。但设计人员在如何提高设计的效率和性能上仍面临难题。通过使用设计自动化辅助工具来计算时序并生成车载通信体系, 可以极大提升宝贵的网络带宽的利用率, 同时保持汽车性能的安全范围。随着 CAN、FlexRay 和以太网融合复杂性的增加, 使用自动化设计规则检查和时序性能合成工具将有助于缩短设计时间, 避免繁琐的人工验证过程。