

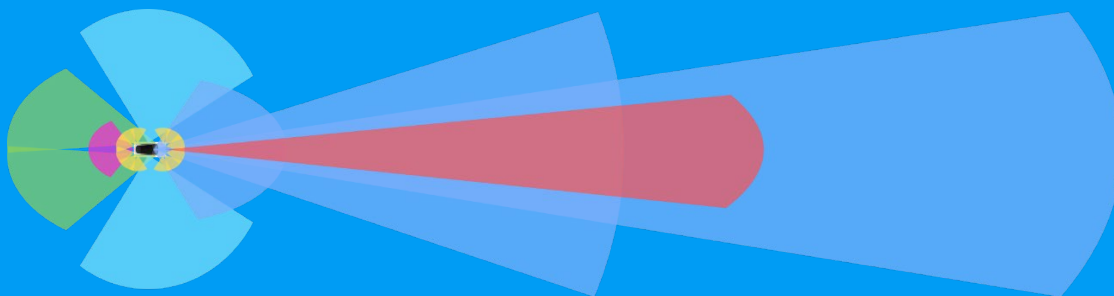


HOCHSCHULE RUHR WEST
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
INSTITUT INFORMATIK

内部报告17-04

特斯拉自动驾驶仪的功能、优势和限制

Thorsten Tatarek, Jan Kronenberger, Uwe Handmann



特斯拉自动驾驶仪的功能、优势和局限性

Thorsten Tatarek, Jan Kronenberger和Uwe Handmann

摘要--自动驾驶是未来的愿景之一，许多汽车制造商都在高压下工作。如今，它已经得到了高级车辆的部分支持。完全自主的旅程确实是一个目标，但在用于公共道路汽车的汽车中仍然无法实现。自动车道保持辅助系统、速度调节器以及防护罩和障碍物检测是通向完全自动驾驶的部分或先导。

美国汽车制造商特斯拉不仅以其电力驱动而闻名，而且还在自动驾驶方面进行了高压工作。因此，特斯拉是唯一将用户作为其辅助系统的所谓测试者的汽车制造商。本文记录和描述了目前可用的Model S在辅助系统和自动驾驶领域的进展和功能。它显示了测试车辆在正常道路交通情况下使用辅助系统（如车道保持助手、速度控制、变道和距离助手）管理情景的好坏，以及哪些情景不能由车辆本身管理。

Index Terms--Desla Motors, Autopilot, Advanced Driver Assistance Systems, HRW.

1 简介

本技术报告描述了当前高级驾驶辅助系统的特点和局限性，以一辆装有8.1版固件的2016年特斯拉Model S为例（更多内容见4.1节）。这辆电动车配备了大量的传感器（4.2节），并使用高度先进的算法来解决一些任务是自主进行的，如自动巡航控制。变道和停车（更多内容见第6节）。先进的驾驶辅助系统和自动驾驶汽车

正变得越来越重要。2016年，近400,000在德国，有很多人在车祸中受伤（其中3206人死亡）[1]。虽然事故的数量和（在过去的几年里，受伤（死亡）人数在减少[2]，但仍有很多事故是可以避免的。被阻止的。过去几年的减少大部分是由于被动的安全系统，如更稳定的汽车或多个安全气囊。现代汽车已经有了一些主动协助系统如自主紧急制动。为了进一步减少这种高数量的事故，这些系统必须得到发展。更加导致自动驾驶汽车的出现。在2014年，一个标准已经发布，以衡量汽车的自主性。

1.1 自动驾驶水平

这些级别在SAE国际标准J3016（2014年1月更新）中定义，如图1所示。它们描述了自主权的大小以及哪些任务是由汽车本身完成的。目前的汽车可以达到2级。它们能够在正常情况下在乡村道路和高速公路上自动驾驶。人类驾驶员仍然需要控制这些系统，并可能覆盖控制输入。但在不久的将来，会有第3级的汽车出现[3]。它们将能够在相同的特殊情况下驾驶，而不需要司机来负责。

来监控道路。达到下一个更高层次的复杂性呈指数级增长。

名称描述	
人工驾驶监测器	
0	司机正在进行所有的驾驶自动化事件。
1	该系统可以转向或加速/减速，但预计司机会来做驾驶的所有其他方面。
2	该系统可以转向和加速/减速，但预计司机会来做驾驶的所有其他方面。
自动系统监控	
3	该系统可以执行自动但 can 期待人类司机必要时进行干预。
4	该系统可以执行自动并且必须继续自动进行即使司机没有反应。
5	该系统可以执行自动在所有条件下，人类驾驶员都能做到。

图1：由SAE INTERNA-定义的自动驾驶级别国家标准J3016[4]

2 发展

1925: 弗朗西斯-P-胡迪纳通过无线电控制在百老汇和第五大道上行驶，穿过拥挤的交通。这辆所谓的“美国奇迹”是一辆1926年的钱德勒汽车，在车盖上装有一个发射天线。¹

1. 用于保护无人乘坐的乘客座位的硬套或软套

并由第二辆车操作, 该车跟随并通过无线电脉冲控制该车。

1939: 纽约世界博览会上的通用汽车馆Futurama, 通过嵌入路面的感应电磁场, 为电动汽车提供自动驾驶的未来[5]。

1953: RCA实验室在实验室地板上建造了一辆由电线引导的微型汽车, 1958年, 在内布拉斯加州成功展示了一个全尺寸系统。另外, 1958年通用汽车公司展示了一辆火鸟三号车, 该车采用电感式公路的电子引导系统。

20世纪80年代, 由恩斯特-迪克曼斯和他在德国慕尼黑联邦国防大学的团队设计的视觉引导的梅赛德斯-奔驰机器人货车, 开发并建造了VaMoRs (Versuchsfzg. fr autonome Mobilität und Rechnersehen / engl. 用于汽车机动性和计算机可视化的测试车)。转向、加速和刹车由计算机、5kW发电机和液压动力装置控制。在Kastenwagen Daimler-Benz L 508 D中建造了两个计算机架[6]。

1987: 在靠近München-Dingolfing的封闭公路上进行了首次自主高速驾驶测试, 最高速度为96km/h。他们在没有操作员干预的情况下行驶了20公里。在同一年代, 由DARPA资助的自主陆地车辆 (ALV) 项目在美国启动。

1987-1995年: 欧盟普罗米修斯项目 (汽车100年), 以约7.49亿欧元启动欧洲最高效率和空前安全的交通计划。

[7]支持资金。在其他汽车后面停车和行驶, 在真实的驾驶场景中开始自动驾驶。DB Car Vita建立在联邦国防大学慕尼黑视觉-软件。

1994年: 两辆奔驰500 SEL前后都装有摄像头 (各两台, 1台广角和1台远距物镜), 对5辆车进行跟踪, 称为VaMP项目

1994: 普罗米修斯 "在巴黎的最后展示, 在单车道上自动驾驶, 最高时速130公里, 自主跟车 (ACC) 和自主变道。

2004: 美国军方创办的DARPA挑战赛, 没有汽车到达终点线。

2005: 谷歌的自动驾驶汽车项目负责人与斯坦福大学一起制造的机器人汽车 "斯坦利" 赢得了DARPA大挑战。

2015: 特斯拉Model S开始采用半自动驾驶。

2016: 特斯拉将硬件建成具有完全自动驾驶能力的汽车[8]。

3 艺术状态

在开发 (半) 自动驾驶汽车时, 目前有两种不同的方式。第一种方法, 即目前由特斯拉和最成熟的汽车制造商所做的, 是将人类驾驶员作为驾驶过程的核心部分, 但在驾驶员驾驶时继续帮助他, 或在驾驶员想要时自主管理一些特定情况 (但仍将人类驾驶员作为后备的可能性)。另一种方式是完全剥夺人类驾驶员的任何控制权, 例如, 取消方向盘和踏板, 让汽车完全由自己驾驶。试图实现这一目标的一个例子是Waymo²。

对于有许多子系统的第一种选择, 有多家汽车供应商开发了目前用于半自动驾驶的硬件。一些例子是MobilEye³, Continental⁴, Bosch⁵, Tesla⁶, Kostal⁷, ZF⁸, Hella⁹, Delphi¹⁰ 和 Valeo¹¹。他们都开发了传感器和功能, 并在目前的汽车中使用。1999年, Handmann等人[9]提出了一个覆盖整个车辆周围环境的系统。他们的分类和跟踪算法大多适用于今天的驾驶辅助功能。这些功能包括自动车道保持、自适应巡航控制、紧急制动和驾驶员观察。但这些都是自动驾驶的某种子功能。为了实现第二种方式中提到的完全自动驾驶, 汽车必须了解它的整个环境, 并应在此基础上规划它的驾驶路径, 而不是只考虑车道标记或领先车辆。

谷歌自动驾驶汽车通过在其车顶使用360°激光扫描仪来实现这一目标。谷歌自2009年以来一直在研究自动驾驶汽车的未来愿景。自2016年12月以来, Waymo是谷歌母公司Alphabet公司分拆出来的自动驾驶汽车开发公司。它接管了自动驾驶项目, 其使命是 "在移动性方面取得新进展"。

如前所述, 谷歌 (或Waymo) 正在为汽车配备360°激光雷达系统, 例如雷克萨斯RX450h[10], 配备Velodyne 64束激光。该激光器可以生成其周围环境的三维地图[11]。Waymo正在用几辆车进行车队测试, 截至2016年6月, 谷歌在自主模式下共测试行驶了1, 725, 911英里 (2,777.585公里)。到目前为止, "只有"14次涉及碰撞, 其中人类司机有13次犯错[12]。谷歌正试图允许公众访问这些原型, 让公众在上班和回家的路上测试这些系统。

传统的汽车生产商专注于使人类的驾驶任务更容易。最近的驾驶辅助系统包括帮助规避机动车[13]或效率辅助[14]。因此, 戴姆勒为他们最先进的汽车配备了许多传感器, 甚至比特斯拉还多[15]。

2. <https://waymo.com/>

3. <http://www.mobileye.com/en-us/>

4. <https://www.continental-automotive.com/>

5. <http://products.bosch-mobility-solutions.com/>

6. <https://www.tesla.com/autopilot>

7. <https://www.kostal-automobil-elektrik.com/>

8. <https://www.zf.com/>

9. <https://www.hella.com/>

10. <https://www.delphi.com/>

11. <http://www.valeo.com/>

但他们并不只关注摄像机，他们主要使用雷达系统。最先进的系统有一个立体摄像机，被称为 *6D Vision*[16]。目前，汽车正在向司机学习，并与其他汽车分享他们的经验[17]。这将有助于建立一个近乎实时的世界地图，以帮助自动驾驶汽车对他们甚至无法看到或测量的情况做出反应。

4 技术数据

该车使用英伟达DRIVE PX 2人工智能计算平台，能够实现完全自动驾驶。特斯拉配备了八个摄像头（图4中提到的位置），一个面向前方的雷达传感器和前后的超声传感器，理论上能够实现完全的自动驾驶模式。

4.1 我们使用的汽车

本文的测试车辆是一辆特斯拉Model S 60D，如图2所示。它配备了自动驾驶2.0的硬件，并使用8.1版软件。



图2：我们的特斯拉模型S

4.2 传感器

特斯拉为其目前和未来的所有汽车配备了基本相同的传感器。他们使用8个摄像头，一个雷达和12个声纳传感器（见表1）。自动驾驶主要是基于视觉系统，但雷达能够查看困难的天气条件，如雾、雨或灰尘。他们的第一辆车配备的传感器较少（见图3）。只有一个前置摄像头和雷达，以及12个超声波传感器。

传感器	应用	范围
雷达	巡航控制，AEB ¹²	160m
前方主摄像机	lka ¹³ ，aeb，tsr ¹⁴ ，...	150m
前置广角摄像机	交通灯	60m
前置窄型摄像机	巡航控制	250m
前侧摄像头	侧面碰撞警告	80m
后侧摄像头	LCA ¹⁵	100m
后视摄像头	逆向行驶	50m
声纳员	停车，LCA	8m

表1:使用的传感器列表[18]

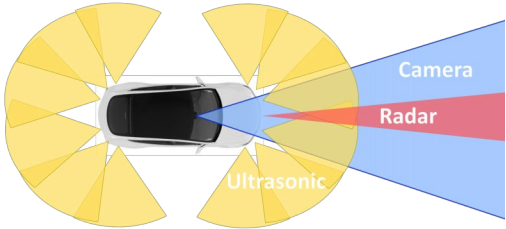


图3：特斯拉自动驾驶仪1.0的传感器

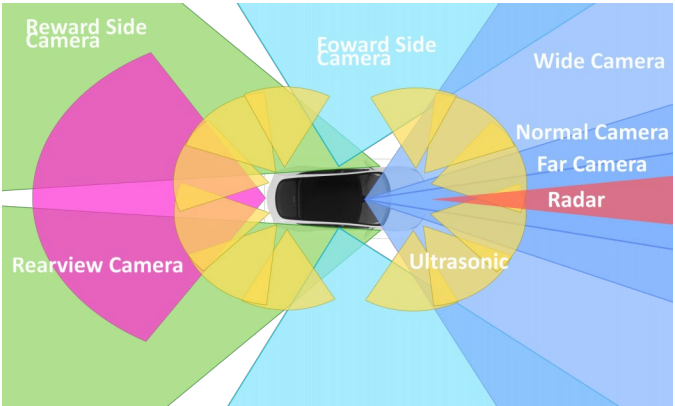


图4：特斯拉自动驾驶2.0的传感器

5 测试环境

在这里，我们描述了汽车是如何设置来进行测试的，以及我们做了什么样的测试。

5.1 文件

为了重建我们的测试结果，我们记录了这些结果，并写下了发生的一切。这也有助于跟踪汽车性能的变化。

5.1.1 视频

为了进行记录，我们首先在车顶上安装了一个GoPro Hero 3+，在车内侧向前看。我们拍摄了方向盘、汽车正前方的街道和方向盘后面的显示屏。我们从项目开始就计划使用更多的摄像机，但不得不等待交货。当他们到达后，在用一台摄像机进行一些测试后，我们安装了图5中的计划设置。这个装置使用四个GoPro Hero 5 Sessions和一个GoPro Hero 5 Black。其中两个GoPro Sessions安装在前窗的后视镜旁边，向左和向右看，见图6中的两张下图。一个Hero Session只拍摄方向盘后面的仪表盘。最后一个GoPro Hero 5 Session正在从外面拍摄我们在目标测试期间的测试场景。GoPro Hero 5 Black，被安装在里面的屋顶上，在那里安装了单一的Hero3+来拍摄。

内部。我们决定在这里使用更好的GoPro，以获得更好的暗光视频，并有可能使用内部GPS信号来测量和记录测试路线。像前面提到的，我们的设置中的摄像机的视图如图6所示。

对于车辆周围的环境，我们使用安装在特斯拉顶部的Garmin VIRB360 360°独立相机（见图7）。

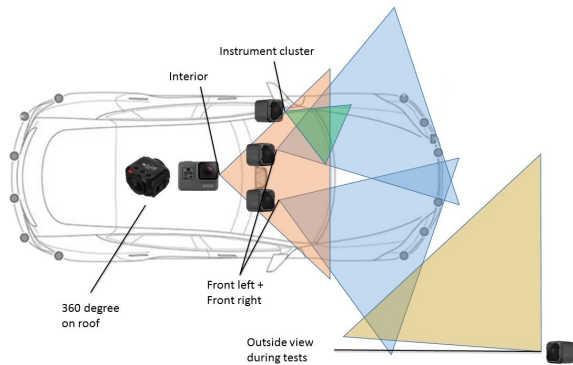


图5：我们的相机设置

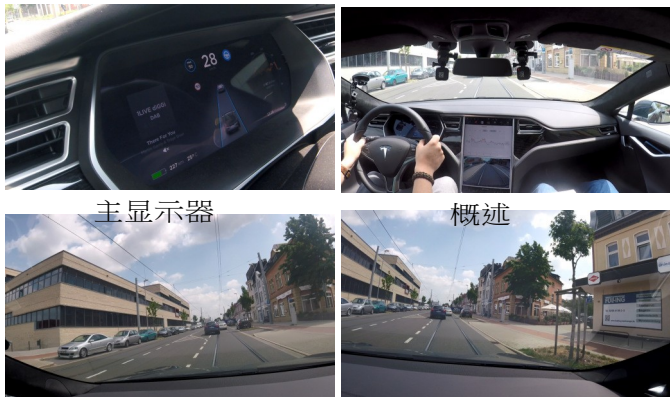
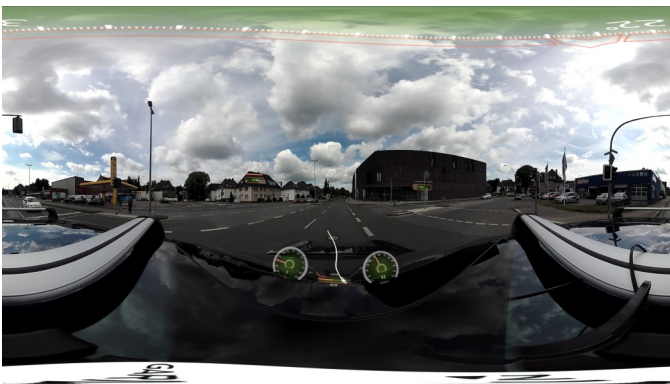


图6：GoPro相机的视图



5.1.2 表格

我们制作了两张表格（图8），可由副驾驶在路上驾驶时填写，以记录下

最新发生的事情。

我们的公式

5.2 目标

我们用一些泡沫作为目标，上面粘着一张海报（见图9）。海报是一张按原尺寸打印的特斯拉背面的照片。我们用泡沫靶子对“站立的汽车”进行破坏和识别/探测测试，而不损坏其他汽车或特斯拉本身。我们为这些测试计划了几种测试方案，并填满了测试清单记事本。例如，我们使用激活的自动驾驶模式，以不同的速度（10，20，.....公里/小时）和不同的角度来驾驶汽车（直接在后面/移到一半/只移到镜子）。没有au- topilot模式也一样。



图9：我们汽车前方的目标

5.3 测试场景

为了测试各种环境下的不同情景，我们创建了一些多样化的路线（见图10）。对于一些在公共道路上应该或不能测试的场景，我们必须找到没有交通的直路。

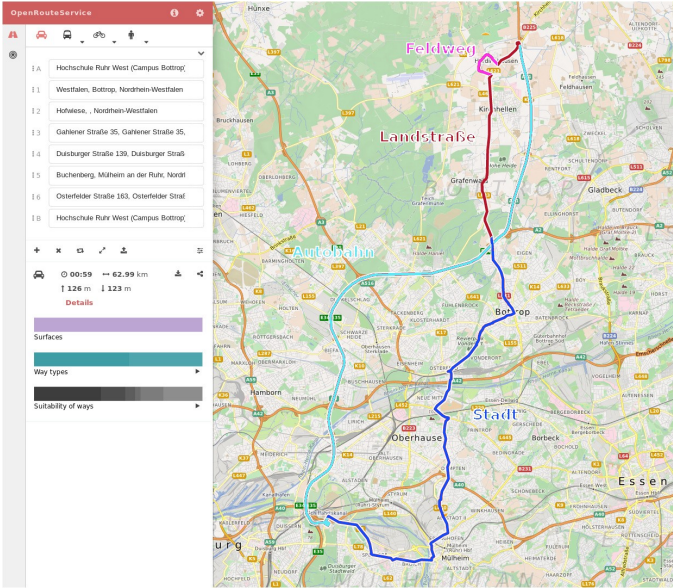


图10：我们的主要测试路线

5.3.1 公路

我们的高速公路路线长28公里，包含两个高速公路交叉口和两个出入口。该路线一半时间有三条车道，另一半时间是双向两车道。大多数时候没有限速，但在最后有一段限制在120公里/小时。这使得这条路线非常适合于测试汽车驾驶不同速度的场景。

5.3.2 城市

我们开车经过穆尔海姆、奥伯豪森和博特罗普等城市。整个行程有24公里长。有一些特殊的地方，如道路中央的电车，非常狭窄的弯道，汽车停在路上和有趣的变道。

5.3.3 农村

在博特罗普北部，我们在乡间公路上行驶了约16公里。这包括一条穿过田野的小路，那里没有车道标志，而且雷电条件迅速变化。

5.3.4 刹车

为了测试我们的泡沫目标（第5.2节），我们在奥伯豪森选择了一条没有交通的路线。路面非常新，很适合刹车。

6 驾驶员辅助系统

由于特斯拉的OTA¹⁶更新，软件可以随时获得新的功能。第一次测试是用V8.1版本（17.11.3）进行的。在每个功能的分节中，可能性按软件版本划分。

16. 在空中

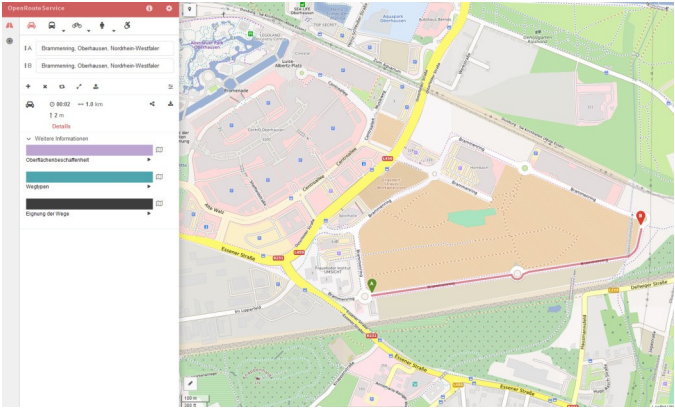


图 11: 刹车测试的测试路线

6.1 车道保持

车道保持系统是通过向驾驶员拉两次巡航控制杆来激活的。只有在检测到车道时才有可能激活，这将导致仪表盘上显示一个灰色的方向盘。当激活时，该图标将得到一个蓝色的背景，并将播放一个通知声音。

v8.1 (17.11.3)

当有清晰的标记时，对车道的检测效果非常好。但是，即使标记不是那么清晰，车道也能被检测到。甚至可以检测到草地上的伤痕。当曲线太紧时（主要是在高速公路的入口和出口处），车道不能被确定地检测到。我们经历了一些奇怪的行为，我们将在结果中解释。

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

现在的车道保持功能更加稳定，如果车道标线不好，似乎会跟随领先的汽车。这时，仪表盘中的领先车会变成蓝色。现在与路边石的距离要大得多，这增加了对系统的信任。但是现在草疤已经被检测出来了。这在以前的版本中是完美的。

6.2 变换车道

这个系统可以在高速公路上自动改变车道，当司机启动指示灯，并且在指示灯的方向检测到一个笔直的车道标记时。

v8.1 (17.11.3)

在这个版本中，变道的效果相当好，但Model S只使用超声波传感器来观察周围的情况。从后面以更高的速度接近的车辆不会被检测到。这种行为将在第7.5节中解释。在Model S旁边以相同速度行驶的其他汽车将通过超声波传感器被检测到，这将阻止车道的改变。

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

在这个版本中，变道似乎工作得更顺利、更快。来往的车辆仍然没有受到保护。

6.3 巡航控制

巡航控制使Model S的速度适应交通状况。它使用前视摄像头来检测前方的障碍物。驾驶员可以选择与领先车辆的距离。在仪表板上，如果检测到一个汽车图标，就会显示出来。视觉效果取决于距离和偏移量。也可以显示多个车辆。

v8.1 (17.11.3)

在晴朗的条件下，巡航控制工作非常可靠。但有两种主要情况下，汽车的反应并不像预期的那样。因为特斯拉只对在自己车道上的车辆做出反应，其性能取决于车道检测。在高速公路/高速公路的急转弯处，特斯拉有时会错误地将邻道的车辆识别到自己的车道上。这导致了意外的制动。第7.5节中描述了一种特殊的情况。

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

城市中的最高速度可以设置为50公里/小时以上（如果允许）。但是限制标志没有被检测到，汽车根据地图信息获得最大速度。

6.4 标志识别

目前还不支持手势识别。

6.5 停车指导

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

我们简单地测试了平行和横向停车位的自动停车系统。它在这两方面的工作都相当好。开过停车位后，特斯拉在驾驶舱内显示一个P-符号。为了激活自动泊车系统，有必要换到倒车档，并在全屏后视镜模式下按下显示屏上的“开始”。特斯拉会自动驶入停车位，自行转向和加速。为了调整位置，特斯拉会来回行驶，直到站直。

6.6 前方碰撞警告

前方碰撞警告系统只对汽车前方缓慢或静止的交通发出警告。因为我们使用了泡沫制成的目标，雷达无法探测到它。对于前面的碰撞警告，自动驾驶仪没有必要被激活。

v8.1 (17.11.3)

当接近另一辆静止的汽车时，Model S将检测到它，并在显示屏上显示它。在一定的TTC¹⁷，仪表板上的汽车将被染成红色，并播放警告声。

在激活的自动驾驶模式下，特斯拉会识别出目标车并自己慢慢降低速度。

但该系统对于不同的速度和对目标的偏移是有限的。当行驶速度低于20公里/小时，即使有大约100厘米的偏移，汽车也能够刹车。当有更多的偏移时（但前灯仍然重叠），特斯拉在自动驾驶和接近汽车时不能安全地停下来。随着速度的增加，这种可能的偏移会减少。在50公里/小时，最多可以达到50厘米。

当驾驶速度超过80公里/小时，特斯拉可能不会完全停止，但在接近“站立”的汽车时，它将减少影响的程度，就像交通堵塞。超过90公里/小时，有时不会发生制动，只出现警告声。

6.7 侧面碰撞警告

v8.1 (17.11.3)

正如在第6.2节中所看到的，后部和侧面的摄像头在这个版本中不工作。侧面碰撞警告将只依靠超声波传感器。

6.8 自动紧急制动

这个功能是为了减少正面撞击的数量。它可能可以防止碰撞，但这不应该被信任。它的重点是手动驾驶模式，因为当检测到领先的汽车时，自动驾驶仪会更早地降低速度。一些测试结果将在第7.6节中解释。这项功能目前已被停用[19]。

v8.1 (17.11.3)

在这个版本中不起作用。在激活驾驶模式的情况下，小人车只是降低了速度。

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

在这个版本中引入了紧急制动功能。手册中提到，紧急制动系统在8公里/小时和150公里/小时的速度之间工作。特斯拉识别出可能即将发生的碰撞，用声音警告司机，并自行执行紧急制动。测试结果在7.6中提到。

6.9 自动高光束

该功能使用前置摄像头检测其他车辆，并在需要时停用远光灯。它只在夜间工作，没有经过测试。

6.10 车队学习

通过从汽车上收集的信息，世界上的每一个特斯拉都会在某些条件下有所改善[20]，反之亦然。因此，每辆特斯拉在驾驶时都使用其雷达传感器来建立点云地图。现在，每辆特斯拉的所有点云都被组合起来，可供每辆特斯拉汽车使用。

17. 碰撞时间

7 结果

因为特斯拉Model S在销售时带有我们预期的某些功能，所以我们只介绍一些系统失败或甚至我们没有预期的工作的结果。

7.1 检测失败

这种故障只在V8.1版本（17.11.3）发生过一次。当接近一辆站立的卡车时，特斯拉没有检测到它（在仪表显示中看不到车辆[见图12]），继续以50公里/小时的速度行驶。司机不得不完全自己刹车。



图12：卡车方案

7.2 电车检测

如图13所示，特斯拉甚至可以检测到有轨电车的后面，保持恒定的距离并跟随它。有轨电车的轨道对车道的探测没有问题。

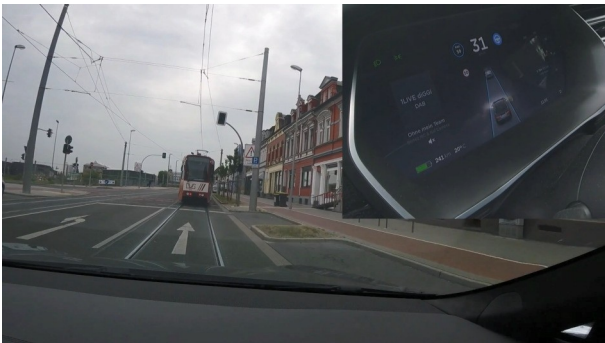


图 13: 有轨电车方案

7.3 扩大车道

有时，当有扩大的车道时，特斯拉会选择错误的道路。特别是当小我私家车道不克不及直行时。图14中显示了一个例子。在最新的软件版本中，我们无法重现这种行为。这可能与软件的更新有关，也可能是由于6.10节中解释的学习过程。

7.4 合并车道

在启动自动驾驶仪的情况下，汽车不能自动并线。相反，它在没有任何信息或停用自动驾驶仪的情况下继续向前行驶，通过保持区。在图15中，驾驶路径是可视化的。

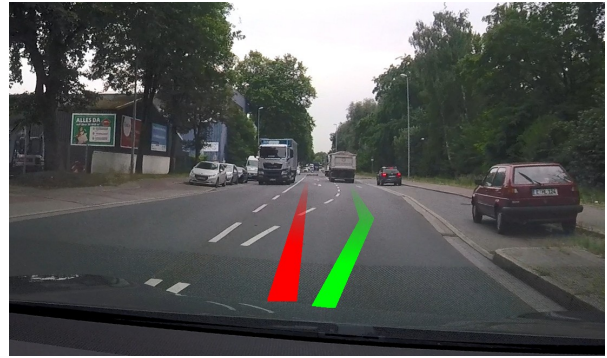


图14：扩大车道的失败。红色是特斯拉在自动驾驶状态下行驶的路径，绿色是特斯拉应该行驶的路径

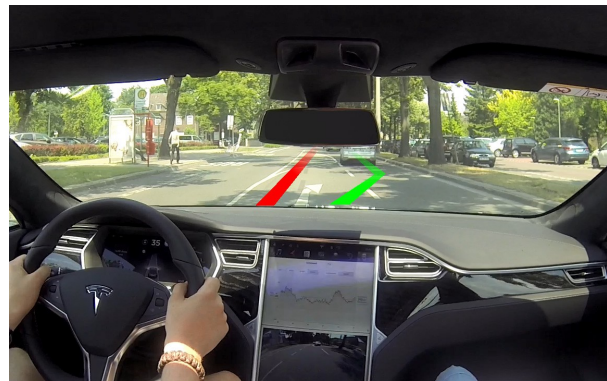


图15：合并车道的失败。红色是特斯拉在开启自动驾驶时的行驶路线，绿色是特斯拉应该行驶的路径

7.5 检测车道变换器

要想在小我私家车道上获得承认，一辆车必须在小我私家车道上有相当高的数量。当只有一个车轮在自我车道上时，特斯拉Model S不会刹车。如果司机不进行干预，就会导致碰撞。

7.6 自动紧急制动

v8.1 (17.11.3)

"自动紧急制动"和使用自动驾驶仪的领先车辆的方法，只有在与目标有相当小的偏移，并且只有在启动巡航控制的情况下才会起作用。当自我的汽车和目标之间的偏移量过大时，特斯拉Model S将不会刹车。

v8.1 (2017.28.4 cf44833)

随着软件的更新，特斯拉能够在即将发生碰撞的情况下实现真正的自动紧急制动。我们在一个不移动的目标上测试了一次没有偏移的正面碰撞。结果对自我的汽车速度有很大的区别。虽然汽车可以防止每一次碰撞（我们测试过），以低于25公里/小时或约35公里/小时的速度行驶到50公里/小时。在30公里/小时和60公里/小时的速度下，自动紧急制动系统不能正常工作，并会导致两辆车的（强大的）损坏。我们没有在高于60km/h的速度下测试该系统。

8 结论

由于特斯拉Model S的软件每隔几周就会更新一次, 这个结论只是基于我们对固件V8.1的体验。测试期间的经验是广泛的。在高速行驶过程中, 大部分时间特斯拉处理得相当好。除了在目标车道上有车超车时自主变道的问题外, 没有发生任何重大事件。但仍有一些工作要做。由于在任何时候都有可能出现许多小错误, 人类司机必须每次都有耐心, 作为后备系统。因此, 自动驾驶仪是一个可以帮助人类司机保持距离或留在车道上的系统, 但如果没有一个可以超车的观察者, 它就无法发挥作用。然而, 所使用的系统很好地展示了当前最先进的预先驾驶辅助技术以及如何应用这些技术。我们对新功能的发布和整个市场的发展感到非常兴奋。

参考文献

- [1] S.Bundesamt.(2017) Polizeilich erfasste unfaele.网站。[在线]。Available: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabelle n/UnfaelleVerunglueckte.html?nn=50922>
- [2] --.(2017) Polizeilich erfasste unfaele.网站。[在线]。Available :<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen /Strassenverkehrsunfaelle.html>。
- [3] M.泰勒。(2017) 3级奥迪A8几乎将成为世界上最重要的汽车。[在线]。Available: <https://www.forbes.com/sites/michaeltaylor/2017/09/10/tthe-level-3-audi-a8-will-almost-be-the-most-important-car-in-the-world/#3caf07d0fb3d>
- [4] S.INTERNATIONAL, "Levels of driving automation," SAE INTERNATIONAL, Tech.Rep., 2014.[在线]。Available: <https://www.sae.org/misc/pdfs/automated driving.pdf>
- [5] R.OToole, *Gridlock:Why Were Stuck in Traffic and What to Do About It*, 2009, pp.189-192.
- [6] A.-F. Web. (2012) Geschichte des autonomen fahrens.[在线]。Available: <http://www.autonomes-fahren.de/geschichte-des-autonomen-fahrens/>.
- [7] A. Oagana. (2016) 梅赛德斯-奔驰自动驾驶技术的简史。[在线]。可用 :<https://www.autoevolution.com/news/a-short-history-of-mercedes-benz-autonomous-driving-technology-68148.html>。
- [8] T. 完全的自动驾驶能力。(2016)特斯拉加强自动驾驶过渡的软件时间表意味着最早在明年就能实现完全的自动驾驶能力。[在线]。Available: <https://electrek.co/2016/10/20/tesla-enhanced-autopilot-full-self-driving-capability/>.
- [9] U. Handmann, T. Kalinke, C. Tzomakas, M. Werner, and W. Seelen, "An image processing system for driver assistance, " *Image and Vision Computing*, 1999.
- [10] 什么是激光雷达? [在线]。Available: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
- [11] E.Guizzo.(2011) 谷歌的自动驾驶汽车如何工作。[在线]。Available: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works>
- [12] C.Osborne.(2015) 谷歌的自动驾驶汽车伤害。归咎于人类。[在线]。Available: <http://www.zdnet.com/article/googles-autonomous-car-injuries-blame-the-human/>.
- [13] 梅赛德斯-奔驰。(2017)作为驾驶辅助包一部分的智能驾驶下一层次。[在线]。可查阅 :<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/with-intelligent-drive-more-comfort-in-road-traffic/>。
- [14] 奥迪。奥迪驾驶辅助系统。[On-line].Available: <https://www.audi-technology-portal.de/en/electrics-electronic/driver-assistant-systems/>.
- [15] M.乔丹。Die neue s-klasse:更多细节。[在线]。Available: <http://blog.mercedes-benz-passion.com/2012/11/die-neue-s-klasse-vorab-mehr-details/>.
- [16] U.Franke, S. Gehrig, and C. Rabe.6d视觉。戴姆勒公司。[在线]。可用 : <http://www.6d-vision.com/>
- [17] 财富》杂志。特斯拉是如何迎来学习型汽车时代的。[在线]。Available: <http://fortune.com/2015/10/16/how-tesla-autopilot-learns/>.
- [18] 特斯拉。特斯拉自动驾驶。[在线]。Available: <https://www.tesla.com/autopilot>
- [19] P. Olsen. (2017) 特斯拉关闭了一些较新车型的自动紧急制动功能。[On-line].Available: <https://www.consumerreports.org/car-safety/tesla-turns-off-aeb-in-some-models/>.
- [20] 特斯拉。升级自动驾驶系统。在雷达中看世界。[在线]。Available: <https://www.tesla.com/de-DE/blog/upgrading-autopilot-seeing-world-radar>.

祝愿

内部报告17-04

国际标准化组织：2197-6953

1.Auflage, 31.12.2017

© 鲁尔大学西区信息学院（Institut
Informatik, Hochschule Ruhr West

采访报道

Institut Informatik

Hochschule Ruhr West

Lützowstraße 5

邮编：46236 博特罗普