

智能毫米波雷达加速泊车自动化的实现

对于大多数不同级别的车辆来说,泊车辅助功能比如防撞警告和驾驶员监管下的自动泊车已经是标配。

不过,随着消费者对更先进泊车功能的需求不断增长,自动泊车系统显然必须设计成一项以安全为宗旨的技术,而不仅仅是提供便利性。车辆在进行自动泊车时必须了解附近是否有行人,清楚车身周围情况,并具有足够的智能性来使用这些信息安全高效地执行操控。

这意味着,在泊车辅助场景下,使用高级驾驶辅助系统(ADAS)的技术以达到更高性能和更加安全至关重要。支撑在复杂城市场景和恶劣环境条件下的ADAS传感器配置以及智能机器学习方法将在自动泊车起到关键作用。



普遍面临的挑战

每一次车辆旅行的终点都是泊车，但泊车时会遇到各种各样的条件，如空旷且光线充足的车库、夜间的车道或暴雨中拥挤的停车场。无论是车头向内停放、倒车入库还是平行停放，每辆车都应该安全地停放。

要在所有条件下实现这一功能的自动化，首先需要具备强大的感测和感知能力。虽然很多泊车自动化功能主要依赖于超声波传感器和摄像头，但采用人工智能和机器学习 (AI/ML) 的先进增强型毫米波雷达较其他感知方式具有明显优势。毫米波雷达在泊车环境解读的应用完全改变了车辆规划和完成泊车任务的方式。

增强的毫米波雷达数据与摄像头和超声波传感器的输入相融合，可实现安全可靠的泊车功能，提高车辆自动化水平。例如，车辆利用毫米波雷达在足够远的距离定位开放的泊车空间直接规划泊车从而不需要低速影响其他驾驶员。其他感知模式通常需要车辆以低速驶过相应空间。智能雷达系统还可以构建停车场地图然后用于导航，此外雷达还可以帮助level4自动驾驶车辆在车库内驶离和返回。

毫米波雷达的固有优势

与视觉和超声波传感器相比，毫米波雷达具有显著优势，可以在更广泛的条件下实现更强大的 360 度感知。得益于这些优势，毫米波雷达为很多 ADAS 功能奠定了基础，同样毫米波雷达的优势也使 OEM 能够在更广泛的操作设计领域打造具有更强大能力的泊车功能。

超声波传感器是许多泊车辅助系统的核心部件，与之相比，毫米波雷达的探测距离要远得多：大概5到10倍的距离。探测距离的扩展能够极大地避免碰撞，并实现新的泊车功能。例如，超声波传感器只能在停车位正前方测量车位大小，迫使车辆驶过停车位，倒车，再返回进入。毫米波雷达可以从更远的距离检测两辆停放车辆之间的合适空间，使车辆能够直接驶入其中。

此外，毫米波雷达已取得最新进展，增大了视野，从而可以探测悬垂的障碍物，如牵引车拖车或从皮卡车底延伸出来的物体。

与视觉系统相比，雷达在准确感知距离和区分物体方面具有关键优势。雷达探测本身就能提供与物体的距离，而视觉系统依赖于摄像头的 2D 感知技术，存在一定的限制。视觉系统在经过物体时必须依靠三角测量技术来确定与其视野中某一物体的距离，如停放的汽车，而且这些系统的距离感知性能在相距较远的情况下会下降。雷达还能更好地区分一个或两个部分重叠的物体，比如行人。

高可用性

此外，在下雨、大雾和光线黑暗等条件下，雷达可以正常工作，而其他传感器的可靠性会降低。前置摄像头依靠挡风玻璃雨刷或前照灯来保持视野清晰，但车辆周围其他位置的摄像头缺乏这些保护。在恶劣天气下，盐、灰尘和污垢的堆积可能会持续存在，这可能会降低摄像头和超声波传感器的性能，甚至在超声波信号从传感器表面大量堆积的物质上反射时会触发防撞警报。

这些条件对毫米波雷达波传输的影响要小得多,因此安装在车辆周围的雷达元件可以在最为广泛的驾驶场景中提供可靠的 360 度感测。

雷达的优势

雷达硬件和信号处理方面的创新建立在固有优势之上,从而实现从泊车到高速 ADAS 以及自动驾驶等全方位车辆自动化的新应用。

感测精度提高

新兴的3D 空气波导雷达天线允许针对特定应用定制特殊雷达波束。这些技术有效地利用雷达信号描绘环境,并以低损耗接收返回的微弱回波,在降低成本和保持传感器尺寸不变的同时实现更高的精度。借助 3D 空气波导技术,雷达传感器把足够多的数据提供给机器学习系统不仅可以确定目标位置,判断移动速度,以及实现对物体的分类。

最新一代的雷达还增加了第四个维度,即垂直探测。这使得该系统能够创建雷达点云,以高清晰度对周围环境进行建模,包括低路缘石、高架标志和停车场大门等重要细节。

人工智能和机器学习 (AI/ML):使雷达能力倍增

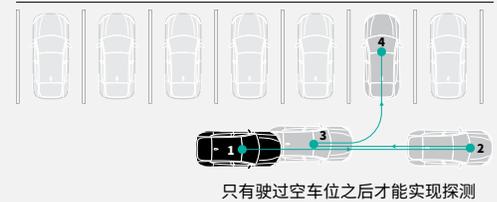
人工智能和机器学习极大的改善和增强雷达的能力。灵活的集中式车载计算平台日益强大,同时模式识别算法快速发展,这两者的发展使其成为可能。

雷达主要用于探测车辆和其他高反射物体的位置、方向和速度,特别是用于自适应巡航控制等高速 ADAS 应用。如今,之前用于训练车载视觉系统以区分车辆、行人和路边基础设施的机器学习技术,也在逐步应用于雷达信号。

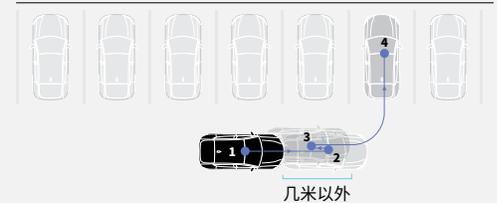
更善于发现停车位

有多种不同的感知技术可以探测到空闲的停车位,但雷达可以在常规的停车场行驶速度下更快地探测到这些停车位。

超声波



摄像头



雷达



增强的分辨率、经过训练的神经网络和更强大的雷达接收算法使这些雷达系统能够更好地正确识别静止和反射性较小的物体。在泊车应用中，这种技术的结合使车辆能够通过雷达来分析环境中所有潜在的障碍物，包括部分遮挡的物体，如在汽车后面行走的行人。

传感器融合突出优点

视觉系统对于许多泊车应用程序来说仍然至关重要，例如读取标志和识别车道标线，这些数据可以通过传感器融合与雷达输入合并。超声波传感器提供低成本的短程感测，其数据也可合并到视觉和雷达融合数据中。传感器融合有助于构建周围环境的最佳画面。

与其他感测技术相比，雷达特别适合 AI/ML 处理。与超声波传感器不同，雷达捕捉到的细节足以用于物体分类。但它产生的整体数据比视觉系统少（后者会考虑车辆颜色等不必要的细节），因此识别危险时对车辆核心计算平台的计算能力要求更低。对来自雷达传感器的数据进行车载预处理可以进一步降低计算要求。

基于毫米波雷达的泊车技术突破

一些新一代泊车辅助功能受益于雷达的进步，包括 AI/ML 信号处理，从而提高了自动化、可用性和安全性。安波福已经开发了四种这样的应用。

自动泊车辅助

自动泊车辅助使车辆能够自动寻找、驶入和驶离停车位。它可以控制转向、速度、刹车和变速箱，而驾驶员可以从车内或车外监控整个过程。雷达传感器可以扫描停车场并确定合适的停车位。然后，车辆可以直接驶向该车位并停放到位，之后亦可自行驶离车位，整个过程无需驾驶员操作。车辆通过 AI/ML 神经网络处理雷达数据，同时整合视觉功能读取到的标志和道路标记以检测、跟踪和识别所有类型的危险。

作为 SAE 2 级自动化功能，自动泊车辅助只有在驾驶员集中注意力并准备好控制时才会启动，也可以在车内或在远处用车钥匙或智能手机应用程序来停止车辆。这使得车主可以在受天气影响或太窄而无法打开车门的地方停车。

记忆泊车

安波福在 2023 年 CES 上首次展示了这一功能，支持车辆记录在指定位置停车的过程，并且之后可以在驾驶员在场的情况下自动重复这一过程。

当驾驶员第一次在指定位置停车并指示系统进行记录时，记忆泊车系统会检测并分类环境中的所有静止物体，这一过程完全通过基于 AI/ML 而增强的雷达技术来实现。它使用这些数据构建一个虚拟地图，将其保留在车内，并将后续行程中记录的数据进行汇总，以保持地图的最新状态。如果该区域发生了大的长久性变化，记忆泊车系统会指示驾驶员对其进行重新训练。

记忆泊车使用栅格对场景进行建模，其中雷达接收算法能够对给定象限中的任何静止物体（如车库立柱）进行非常精确的分类。虚拟地图加上实时雷达输入，使车辆能够通过同时定位和地图生成，将自己定位于已学习的环境中。

记忆泊车系统无需参考任何现有地图即可自行绘制区域地图，如果有附近区域的商业地图，它也可以与之保持一致。这一功能也称为家庭区域泊车，是为导航到私人产权下的场地或车库而设计，比如住宅车道。2 级“召唤”功能可以使用相同的技术，而无需任何进一步的训练。

尽管记忆泊车最初设计为 SAE 2+ 级功能, 需要驾驶员从车内或车外进行监督, 但现在可以作为 4 级功能实现, 即允许车辆在有限的范围内自主操作, 并配备足够的冗余感测和计算系统以确保安全性。

自主代客泊车

这是安波福路线图上的 4 级泊车功能, 通过该功能车辆能够在驾驶员下车后找到合适的停车位并在收到召唤指令时返回, 完全不需要驾驶员的监测或控制。它能够泊车的操作设计领域内提供完全自动化。

自主代客泊车使用来自外部的高清数字地图在停车区域内进行定位和导航。它能够实时结合雷达和视觉功能, 从远处找到合适的停车位并直接泊车。自主代客泊车专为在公共停车场和车库停车而设计, 无需进行训练, 它依赖于高清大面积地图, 这些地图预计将与车载功能同时上市。

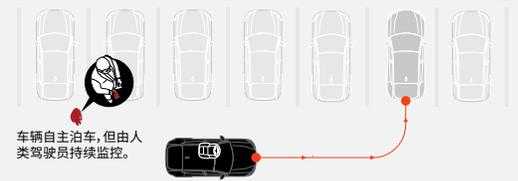
全景影像

该功能使用传感器融合, 将来自雷达、视觉和超声波传感器的数据结合到车内显示屏上显示的车辆周围环境影像中。它来自多个环视摄像头的图像拼接在一起, 并且可以提供多个视角。其他信息比如当前转向路径和距离警告等, 可以叠加显示在视频图像上。

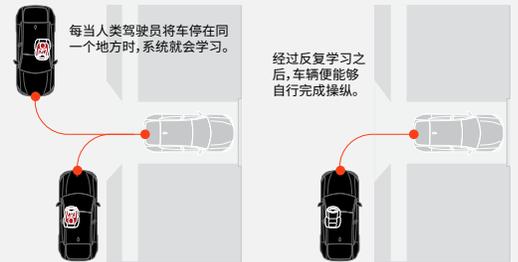
雷达增强的泊车选项

雷达的进步使一些停车应用成为可能。

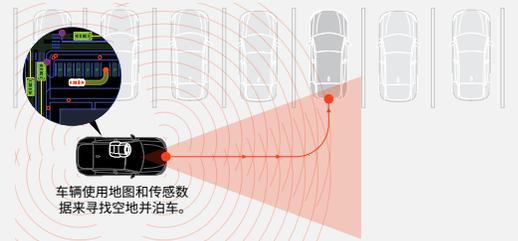
自动泊车辅助: 在人类的监督下操作



记忆泊车: 学习频繁停车模式



自主代客泊车: 执行完全自动泊车



全景影像: 构建全面影像



系统级方法

泊车辅助系统日益强大,不再仅仅是一项便利功能,而是车辆自动化渐进的一部分,目的是满足此项技术能涵盖的所有安全需求。泊车自动化功能涵盖Level 2, Level 4以及更高等级,在不断解锁更高自动化的过程, AI/ML 增强雷达与ADAS 巡航的创新相结合,将打造功能强大、极具成本效益的自动泊车解决方案。

端到端 ADAS 平台提供了完整的安全包,包括前向碰撞预警和自动紧急制动等功能,这些功能可以扩展到泊车自动化功能中提升已经被验证过的有效性和可靠性。此外,全面的 ADAS 开发和测试产生了关于几乎所有类型驾驶场景的丰富知识,增加了停车能力的稳健性。

泊车辅助功能是安波福第 6 代 ADAS 平台的重要组成部分。与该平台一起推出的上述新一代泊车功能,是基于安波福在汽车雷达系统方面具有业界领先的深度开发和制造经验而打造。该平台与我们的卫星架构相结合,使 OEM 能够以模块化、灵活且极具成本效益的方式实施可扩展的集成式 ADAS 功能,以实现日益智能的实时感知和决策。

安波福针对车辆自动化的系统级解决方案涵盖泊车、ADAS 巡航、乃至自动驾驶,汇集了完整的安全包、全面的传感器融合平台以及广泛的驾驶数据。凭借详细的路线图和市场上成熟的解决方案,我们能够与 OEM 就泊车自动化等领域展开合作。



停车辅助系统日益强大,不再仅仅是一项便利功能,而是车辆自动化连续统的一部分,受到现实世界对这项技术的所有安全要求的制约。

作者简介



Walter K. Kosiak
主动安全全球产品工程经理

在 Walt Kosiak 就职于安波福的职业生涯中，一直在集成电路设计、被动安全系统、主动安全和驾驶辅助以及自动驾驶车辆等领域进行创新。他的专业领域包括 ADAS/AD 特征/功能算法、威胁评估和预警算法、雷达和雷达-视觉融合、自适应巡航控制系统、车联网通信、基于地图的电子地平线技术以及用于汽车系统开发的快速原型系统。Walt 是 24 项美国专利的发明人，并且是在 2015 年完成美国第一次海岸到海岸自动驾驶的团队成员之一。



Gürhan Gümüssu
泊车核心系统首席架构师

Gürhan Gümüssu 负责在全球产品组织中领导和协调 安波福泊车功能开发的系统工作。他已经在安波福工作了四年，为各种项目的系统团队做出贡献，为获得业务提供支持。在加入安波福之前，他曾在一家全球汽车制造商担任系统工程师。



Kamil Ostrowski
主动安全算法开发技术项目经理

Kamil Ostrowski 博士领导安波福的泊车软件开发工作。在公司工作的七年里，他帮助多个客户成功推出了与雷达、视觉和功能相关的产品。此前，他曾在英国OEM和铁路行业工作。Kamil 拥有英国利物浦大学的博士学位，主要研究动力总成领域的先进控制算法。他目前正在波兹南经济与商业大学攻读工商管理硕士学位。

详情请见 [APTIV.COM/PARKING](https://www.aptiv.com/parking) →