

车联网中基于英特尔® 架构的激光雷达 3D 点云处理与感知融合方案

摘要

在基于车联网 (C-V2X) 的车路协同应用中, 路侧感知设备获取的交通目标与交通环境信息由路侧边缘计算设备进行分析处理, 生成各类 I2V (Infrastructure-to-Vehicle) 消息, 并由路侧单元 (RSU) 通过无线链路发送给各类道路交通参与者 (包括联网车辆和弱势交通参与者), 用于提升交通安全与交通效率。作为路侧感知设备的激光雷达, 由于其 3D 成像和精确测距等卓越性能, 受到越来越广泛的应用。基于**英特尔® 架构**的路侧边缘计算设备, 在处理激光雷达生成的 3D 点云中 (无论是深度学习还是传统计算机视觉), 都显示出了卓越的性能。本文介绍了基于**第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器**和**英特尔® OpenVINO™ 工具套件分发版**的**集和诚® 路侧 MEC 设备**, 用于支持基于深度学习的 3D 点云处理和**镭神® 雷视一体机** (激光雷达与摄像头) 的感知融合计算。我们为车联网产业界提供了高性价比的路侧感知和路侧边缘计算解决方案。

作者:

雷鸣^{1,a} 王新锋² 徐青¹ 严征^{2,b}
程加钢^{3,c} 刘省贤¹ 黄昊¹

公司:

¹ 英特尔 (中国) 有限公司
² 镭神智能系统有限公司
³ 集和诚科技开发有限公司

E-mail:

^a ming.lei@intel.com,
^b zhengyan@lslidar.com,
^c chengjiagang@jhctech.com.cn

背景: 中国的智能交通基础设施的快速发展

近几年, 国家有关部门出台多项产业政策支持智能交通发展, 如《交通强国建设纲要》、《国家综合立体交通网规划纲要》和《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等, 均强调全方位布局交通感知系统是实现交通基础设施智能化的重要步骤。

车联网作为半导体、智能计算、无线通信、汽车制造和交通运输等行业深度融合的新型产业形态, 在提升交通安全与交通效率方面拥有巨大的潜能。随着人工智能、边缘计算和移动组网等技术的快速发展, 车联网的功能与性能也不断的完善和提升之中, 将在未来的智能交通系统中将发挥重要的作用。我国高度重视车联网产业的发展, 相继出台了《车联网 (智能网联汽车) 产业发展行动计划》和《智能汽车创新发展战略》等系列政策文件。中国产业界一直在积极推动围绕 C-V2X 技术构建的车路协同技术路线。

路侧基础设施是车联网新基建的重要组成部分, 其技术与标准体系正在持续完善之中, 而相关的细分产业链 (包括路侧感知、路侧边缘计算和路侧通信等) 也在加速形成。2020 年 8 月出台的《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》明确指出要让泛在感知设施深度覆盖交通运输行业。2021 年 9 月, 中国 IMT-2020 (5G) 推进组所辖的 C-V2X 工作组发布研究报告《基于边缘计算的路侧感知融合系统研究》系统性地介绍了路侧感知融合的技术和产业发展现状^[1]。

作为全球最领先的芯片厂商，英特尔也与包括镭神与集和诚在内的国内广大合作伙伴，加速研发相关的产品与解决方案，促进基于车联网的车路协同早日实现商用。

车路协同中的路侧感知与路侧边缘计算

如图 1 所示，车路协同依靠路侧感知设备（包括摄像头、激光雷达和毫米波雷达在内的各类交通传感器）采集交通目标的原始信息（包括 2D 视频图像和 3D 点云等），交给路侧边缘计算设备进行分析计算（包括目标检测与目标分类）以及与感知融合，生成结构化数据用以表示交通目标的属性（例如车辆

的速度与航向、交通事件的类别与影响范围等）。这些结构化数据被进一步处理成 V2X 消息，准确地说是 I2V 消息。这些 I2V 消息被 RSU（路侧单元）经由 PC5 无线空中接口、或者 5G/4G 基站经由 Uu 无线空中接口发送给包括机动车和行人在内的道路交通参与者。

车路协同的路侧系统架构由图 2 所示，可分为路侧感知（包括摄像头、激光雷达和毫米波雷达在内的各种交通传感器）、路侧边缘计算（包括路侧 MEC 计算设备）和路侧通信（包括 RSU）三大部分。本文主要涉及路侧感知和路侧边缘计算这两个部分。

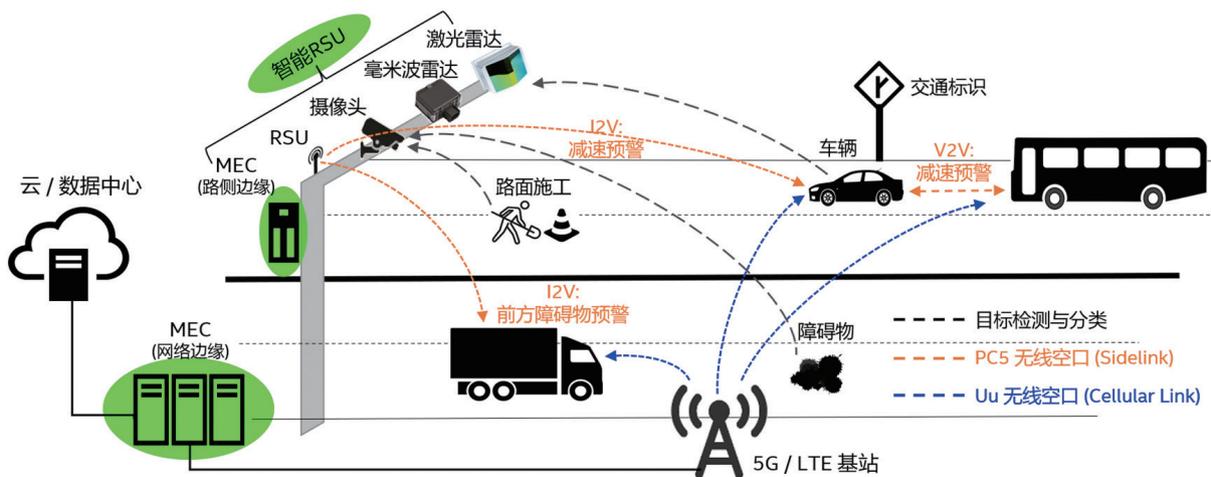


图 1. 车路协同的系统概念

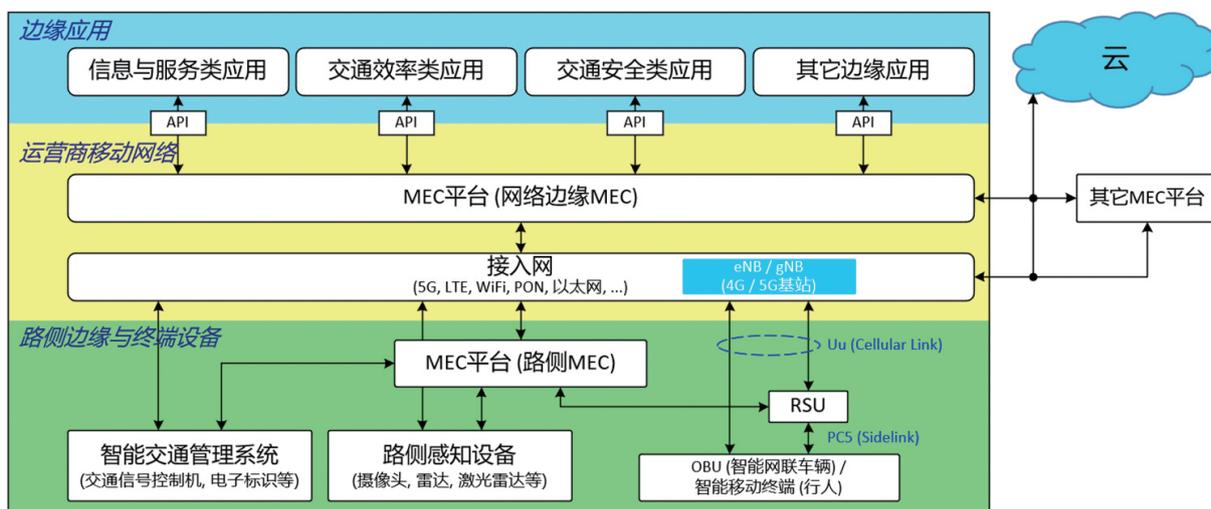


图 2. 车路协同的路侧系统架构

路侧感知

在车路协同的路侧感知领域，常用的传感器包括摄像头、激光雷达与毫米波雷达。本文中介绍的技术方案涉及前两种，下面我们分别介绍它们的技术特点。

摄像头

摄像头是最为常见的交通路侧传感器，基于对其所采集的图像和视频的分析，能够获得丰富的色彩、纹理和语义信息，实现精细化的交通目标的分类。但其局限性也比较突出，主要体现在受夜晚弱光或恶劣天气条件的影响较大，难以对交通目标进行有效可靠的感知。摄像头作为交通传感器的性能优缺点总结于表 1 中。

激光雷达

激光雷达正在成为智能交通领域越来越重要的一种传感器。它主动向待测空间区域发射激光光束，并接收反射回来的信号并将其与发射信号进行比较生成 3D 点云，经过进一步的处理，可获得目标物体的距离、方位、速度、3D 尺寸及类别等精确信息。

激光雷达按照其内部激光扫描机构的工作原理可以分为以下大、小类别：

- 机械式
 - 整体旋转式
 - 棱镜旋转式
- 非机械式
 - 混合固态式
 - 以微机电 (MEMS) 镜式为主
 - 固态式
 - Flash
 - 光学相控阵

激光雷达作为交通传感器的性能优缺点总结于表 1 中。

表 1. 摄像头与激光雷达的优缺点对比

传感器类型	优点	缺点
摄像头	<ul style="list-style-type: none"> • 细节信息丰富，辨识度出色； • 可准确捕捉轮廓、纹理、颜色分布等信息，便于在非极端环境光照条件下进行目标分类/识别； • 可识别静止或平面的交通目标（如交通标志和车道线）； • 横向分辨率高，可用于估计横向速度； • 视频、图像处理技术相对成熟。 	<ul style="list-style-type: none"> • 易受环境光照条件影响（如夜晚弱光、强光照射等）； • 易受天气状况影响（雨、雪、雾、霾、烟、尘等）； • 基于深度学习的视频分析的负载较重； • 缺少深度信息，难以获取准确的三维信息； • 定位精度低； • 难以估计径向速度。
激光雷达	<ul style="list-style-type: none"> • 测距分辨率和测距精度高； • 角度分辨率高； • 视野宽； • 识别能力强：能 3D 成像，能识别目标 3D（比如长、宽、高）等信息，能获得行人甚至更小目标的精准轮廓； • 可对多目标进行准确定位； • 追踪能力强； • 不受环境光照条件影响。 	<ul style="list-style-type: none"> • 在识别目标颜色、交通标志和交通信号等信息方面的性能有限； • 对激光雷达所生成的 3D 点云进行基于深度学习的推理，对算力的要求较高。

感知融合：基于激光雷达与摄像头

感知融合指的是两种或两种以上传感器互相配合共同完成对目标的检测与分类。由于在性能上“取长补短”，感知融合比单种传感器具有更全面的感知能力和更优秀的性能。基于激光雷达和摄像头组合的感知融合在发挥激光雷达精确测距性能优势的同时，可以依靠摄像头来识别目标颜色、交通标志和交通信号等信息。也就是说，感知融合可以通

过摄像头与激光雷达的“分工”，将摄像头用于目标分类而激光雷达用于目标检测。在这种情况下，3D 点云的处理可以使用 PCL (Point Cloud Library)^{[2],[3]} 等非深度学习的方法，从而降低了算法的整体复杂度及相应的硬件成本，使得高性价比的解决方案成为可能。

路侧边缘计算：促进感知融合在车路协同中的应用

基于英特尔® 架构的路侧边缘计算设备可对 2D 视频图像和 3D 点云信息，分别进行基于深度学习的推理或基于传统计算机视觉的分析，并将两者得到的结果进行融合。

系统架构

在车路协同的应用中，MEC 发挥着无可替代的重要作用。根据部署的位置和对时延与算力的具体需求，MEC 可以有多种形式，包括路侧 MEC 和网络边缘 MEC 等 (如图 2 所示)。基于英特尔® 架构的各种 MEC 设备^{[4],[5]} 为实现车路协同的各种用例提供强大可靠的通用和 AI 算力支持，从而使得我们能够对来自不同种类传感器的信息进行实时的高效分析并将结果融合，显著提升了智能交通系统的安全与效率。

面向交通安全的车路协同应用对于端到端时延有着比较严格的要求，部署地点靠近路侧感知设备和路侧通信设备 (RSU) 的路侧 MEC 对于降低时延有着更好的保障。

第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器 (产品代号: Tiger Lake)

针对于包括车路协同在内的众多垂直行业应用，英特尔发布了第 11 代酷睿™ 系列处理器，在具备强大通用计算与 AI 加速运算能力的同时，功耗很低、散热设计容易，是路侧边缘计算设备非常理想的高性价比和高能效比计算平台。这一系列处理器中的很多型号还支持宽温工作以及对设备进行远程管理维护的英特尔® 博锐® 平台技术。

本文中的性能评估基于以下两款第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器，其配置如表 2 中所示。

- 英特尔® 酷睿™ i7-1185GRE 处理器
- 英特尔® 酷睿™ i7-1165G7 处理器

两款处理器的最高性能详见产品技术规格^{[6],[7]}。

表 2. 第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器 (Tiger Lake) 配置

处理器型号	英特尔® 酷睿™ i7-1165G7	英特尔® 酷睿™ i7-1185GRE
CPU	4 内核, 8 线程 可配置的 TDP-up 频率: 2.80 GHz	4 内核, 8 线程 可配置的 TDP-up 频率: 2.80 GHz
处理器集成显卡 (iGPU)	英特尔® 锐炬® Xe 显卡 96 个执行单元 显卡最大动态频率: 1.30 GHz	英特尔® 锐炬® Xe 显卡 96 个执行单元 显卡最大动态频率: 1.35 GHz
AI 算力 (FP32)	1.996 TFLOPS (iGPU) 0.358 TFLOPS (CPU)	2.073 TFLOPS (iGPU) 0.358 TFLOPS (CPU)
AI 算力 (INT8)	7.987 TOPS (iGPU) 1.433 TOPS (CPU)	8.294 TOPS (iGPU) 1.433 TOPS (CPU)
内存	8 GB, DDR4, Speed: 2400 MT/s	8 GB, LPDDR4, speed: 4267 MT/s
BIOS	American Megatrends Inc. 2.21.1278	Intel Corporation TGLSFW11.R00.4024.A01.2101201730

集和诚® 路侧 MEC 设备

基于上述两款第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器, 集和诚开发了全新的 KMDA-3301 型路侧 MEC 设备 (如图 3 所示)。其主要特点包括: 无风扇散热、IO 接口丰富、铝型材质、机身纤薄、减震设计等, 非常适合部署在路侧等严苛环境, 为车路协同应用提供稳定可靠的高算力保障。产品规格详见集和诚公司网站^[8]。



图 3. 集和诚® 路侧 MEC 设备 (KMDA-3301 型)

英特尔® OpenVINO™ 工具套件分发版
(以下简称 OpenVINO™)

OpenVINO™ 是源自英特尔的一款功能非常全面的优秀软件工具套件, 用于加速高性能计算机视觉和深度学习丰富多样的应用开发^{[9],[10]}。其显著的三个特点是: 高性能深度学习推理, 非常易于使用的简化开发流程, 一次编写可任意部署。

具体来说, OpenVINO™ 支持快速开发丰富多样的应用和解决方案, 来模拟人类的视觉。它能显著提升视频分析的准确度, 加速推理, 并节约算力资源。该工具套件基于卷积神经网络 (CNN: Convolutional Neural Network), 支持直接异构执行, 可在多种英特尔® 芯片平台中扩展计算机视觉和深度学习的工作负载, 实现卓越性能。套件中的英特尔® Media SDK 支持在英特尔® 核心显卡上进行高性能的视频编码和解码。OpenVINO™ 支持多种操作系统 (包括 Windows、Linux 和 macOS) 和编程语言 (包括 Python 和 C++)。

OpenVINO™ 免费提供超过 280 个经预先训练好的神经网络模型和参考代码, 支持模型的量化和调优, 加速深度学习的推理运算。

操作系统与软件配置

本文的性能实测部分所涉及的操作系统与软件采用表 3 中所列的配置。

表 3. 操作系统与软件配置

操作系统	Ubuntu 20.04.1 LTS
Linux 内核	5.8.0-43-generic
PyTorch 版本	1.7.1+CPU
OpenVINO 版本	2021.3

基于英特尔® 架构的激光雷达 3D 点云处理方案

作为车路协同中的路侧感知设备，激光雷达可以作为独立的传感器使用，也可和摄像头配合形成感知融合的技术方案。这两种方案中信息处理所需要的算力，均由 MEC 设备中最核心的英特尔® 处理器来承载。下面，我们分别介绍这两种方案所需解决的技术挑战、基于英特尔® 架构的解决方案和性能实测效果。

激光雷达作为独立传感器

基于英特尔® 架构的解决方案

在这种方案中，交通目标的检测基于对激光雷达生成的 3D 点云进行深度学习的推理，对算力的要求非常高。在实际的交通应用中，处理速度需要达到至少 10 帧/秒。通过优化基于深度学习的 3D 点云处理流程^{[11],[12]}来提升处理速度，对于提升基于部署于路侧的 MEC 平台的性价比和能效比，至关重要。

我们使用 OpenVINO™ 对开源 3D 点云深度学习模型 PointPillars^[12] 做了优化。如图 4 所示，蓝色模块依然沿用原生代码的 Python 实现，而绿色模块则使用了 OpenVINO™ 中的模型优化工具 (Model Optimizer) 进行了加速，具体细节详见^{[13],[14]}。

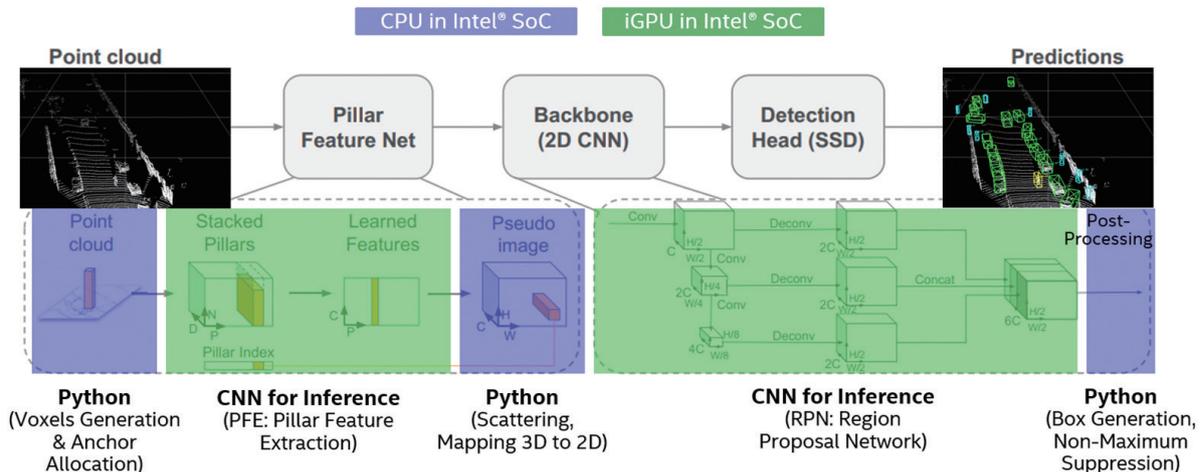


图 4. 基于英特尔® 酷睿™ 处理器 (Tiger Lake) 实现的 PointPillars 模型

性能实测效果

我们采用 KITTI 数据集^[15] 中的训练集来测试性能。相对于 OpenVINO™ 优化之前的 PyTorch 格式模型，OpenVINO™ 优化之后 IR 格式模型可以显著提升吞吐率与处理时延性能（如表 4 所示）。根据实际需求，我们通过调整 PointPillars 模型的参数，可以进一步提升吞吐率和降低处理时延。

表 4. 吞吐率与处理时延（基于深度学习的 3D 点云处理）

处理器型号	英特尔® 酷睿™ i7-1165G7	英特尔® 酷睿™ i7-1185GRE
神经网络模型（精度）	PFE (FP16), RPN (INT8)	PFE (FP16), RPN (INT8)
吞吐率（帧/秒）	10	11.1
处理时延（ms）	165.8	154.7
iGPU 使用率 ¹	85%	86%
CPU 使用率 ²	430%	430%

¹ iGPU 使用率可由 Linux 的 "intel_gpu_top" 命令查看，其最大值为 100%；

² CPU 使用率可由 Linux 的 "top" 命令查看，其最大值为 800%（4 核 8 线程）。

感知融合：激光雷达与摄像头

镭神® 雷视一体机

镭神® 雷视一体机及其实际部署场景如图 5 所示。该设备采用摄像头和镭神® CH128X1 型激光雷达相结合的方式，获取交通目标与交通环境的原始数据，通过以太网将其传递给基于第 11 代英特尔® 酷睿™ 处理器的集和诚® 路侧 MEC 设备进行分析处理。

镭神® CH128X1 型激光雷达的激光源不动，通过棱镜旋转来扫描空间区域，实现对水平 120° 区域的扫描。其具体规格参数如下表 5 所示。

表 5. 镭神® CH128X1 激光雷达规格参数表

测距方式	时间飞行法（脉冲式激光雷达）	
激光波长	905 nm	
扫描线数	128 线	
测距范围	160m @ 10% 反射率	
测距精度	±3 cm	
单回波数据速率	76 万点/秒	
视场角	垂直	-18°~7°
	水平	120°
角度分辨率	垂直	0.125°（中间 ROI 区域） 0.25°（两侧区域）
	水平	0.1°（5 Hz） 0.2°（10 Hz） 0.4°（20 Hz）



图 5. 镭神® 雷视一体机（激光雷达与摄像头）及实际部署场景

基于英特尔® 架构的解决方案

为了兼顾处理效率与准确性的需求，镭神和英特尔共同提出了基于传统算法和深度学习相结合的目标级感知融合方案，其处理流程如图 6 所示。其中，对于激光雷达所采集的 3D 点云数据，我们采用 PCL^{[2], [3]} 中的聚类 and 追踪算法来获取目标的位置距离和速度等信息；对于摄像头所采集的 2D 图像数据，我们采用基于 Yolo-v5 神经网络和 OpenVINO™ 的深度学习算法来获取目标的类别信息。

我们将 3D 点云数据聚类得到的目标中心点投影到 2D 图像上，判断该点与基于深度学习算法得出的 2D 图像中目标位置中心的距离是否小于某一阈值：若是，则确定激光雷达和摄像头分别检测到的目标为同一物体，并将该两种传感器获取的目标级结果进行融合。如图 6 所示，融合的结果包括目标的类别、位置距离和速度等信息，可根据需要显示在 2D 图像或者 3D 点云中。

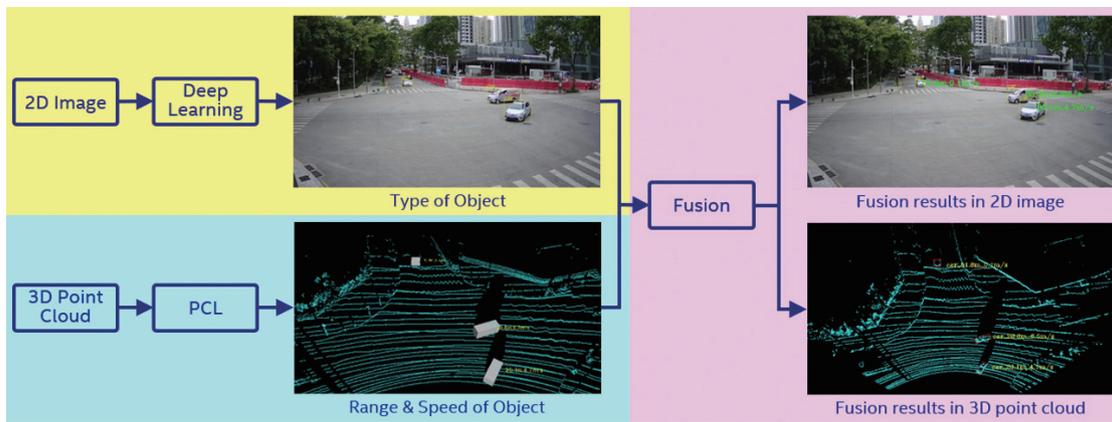


图 6. 激光雷达与摄像头的目标级感知融合

性能实测效果

我们使用采集自镭神® CH128X1 型激光雷达的 3D 点云数据集，其数据文件包含多帧点云数据，每个点的参数包括 3D 坐标 (x, y, z) 和反射率 (r)。3D 点云经过处理之后生成围绕目标的 3D 框，其检测结果的标注采用类似

于 KITTI 数据集所采用的格式。我们使用集和诚® KMDA-3301 型路侧 MEC 设备^[8] 和 OpenVINO™^{[9], [10]}，对于感知融合方案进行了测试，其性能如表 6 所示。

表 6. 感知融合方案的实测性能

方案	主要负载	算力平台	每帧耗时 (毫秒)	帧/秒	iGPU 使用率	CPU 使用率
1	2D 图像深度学习	CPU	71.09	14.1	2%	334%
2 (感知融合)	2D 图像深度学习	CPU	73.16	13.7	6%	348%
	3D 点云 PCL	CPU				
3	2D 图像深度学习	iGPU	49.79	20.1	52%	114%
4 (感知融合)	2D 图像深度学习	iGPU	55.87	17.9	56%	203%
	3D 点云 PCL	CPU				

实测性能表明，激光雷达无论是作为独立的传感器使用，还是和摄像头配合形成感知融合的技术方案，基于英特尔® 架构的激光雷达 3D 点云处理可实现优异的性能。

结语与展望

5G 在中国已经大规模商用，为终端设备的互联互通奠定了高速度、低时延和广泛连接的网络基础。作为 5G 垂直行业应用中最受瞩目的应用场景之一，车联网也将在此基础上加速发展。基于 5G 新空口的蜂窝车联网标准已经于 2020 年 6 月完成制定，大规模试验和测试即将展开。基于英特尔® 架构的激

光雷达 3D 点云处理和感知融合方案为车联网积极赋能，使能丰富多样的智能交通场景，显著提升交通安全与效率。

以数据为中心的英特尔公司以世界领先的端到端 AI 与计算机视觉技术以及性能强大、功能完善的硬件与软件产品组合，联合产业界伙伴，为全球车联网产业的加速发展奠定了坚实的基础。

参考文献

- [1] IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组, “基于边缘计算的路侧感知融合系统研究”, 2021 年 9 月。
- [2] "Point Cloud Library", URL: <https://pointclouds.org/>
- [3] R. B. Rusu and S. Cousins, "3D is here: Point Cloud Library (PCL) ," in Proc. 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).
- [4] 雷鸣, 程加钢, 姜荣华, “基于英特尔® 架构的集和诚® MEC 设备加速车联网的商用部署”, Intel 解决方案白皮书, 2020 年 12 月。
- [5] 雷鸣, 周长罕, 姜荣华, “基于英特尔® AI 计算机视觉的新创中天® 智能交通路侧视频边缘计算设备”, Intel 解决方案白皮书, 2020 年 9 月。
- [6] "Intel® Core™ i7-1185GRE Processor", URL: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/208082/intel-core-i7-1185gre-processor-12m-cache-up-to-4-40-ghz.html>
- [7] "Intel® Core™ i7-1165G7 Processor", URL: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/208662/intel-core-i7-1165g7-processor-12m-cache-up-to-4-70-ghz.html>
- [8] “集和诚® KMDA-3301 产品规格”, URL: http://www.jhctech.com.cn/pro_show.php?id=91
- [9] "OpenVINO™ Toolkit Overview", URL: <https://docs.openvino toolkit.org/latest/index.html>
- [10] OpenVINO Chinese Community, URL: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/225441633>
- [11] C. R. Qi, H. Su, K. Mo and L. J. Guibas, "PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation," in Proc. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- [12] A. H. Lang, S. Vora, H. Caesar, L.-B. Zhou, J. Yang and O. Beijbom, "PointPillars: Fast Encoders for Object Detection From Point Clouds," in Proc. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- [13] Q. Xu, S.-X. Liu, H. Ma, J. Du, M. Lei and Y. Wang, "Optimization of PointPillars by using Intel® Distribution of OpenVINO™ Toolkit," online article: <https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/articles/optimization-of-pointpillars.html>, Aug. 2021.
- [14] S.-X. Liu, Q. Xu, H. Ma, J. Du, M. Lei, J. Tao and J.-L. Bao, "Optimization of PointPillars (A Deep Learning Network for LiDAR-based 3D Object Detection) on Intel Platform," in Proc. IEEE International Conference on Power, Intelligent Computing and Systems 2021 (ICPICS 2021), Shenyang, China, July 2021.
- [15] "KITTI 3D detection dataset," URL: http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/eval_object.php?obj_benchmark=3d

关于英特尔

英特尔 (NASDAQ: INTC) 作为行业引领者, 创造改变世界的技术, 推动全球进步并让生活丰富多彩。在摩尔定律的启迪下, 我们不断致力于推进半导体设计与制造, 帮助我们的客户应对最重大的挑战。通过将智能融入云、网络、边缘和各种计算设备, 我们释放数据潜能, 助力商业和社会变得更美好。如需了解英特尔创新的更多信息, 请访问英特尔中国新闻中心 <https://newsroom.intel.cn> 以及官方网站 <https://www.intel.cn>

关于镭神智能

镭神智能以自主创新的核心技术树立了多个业界里程碑: 全球唯一一家同时掌握了 TOF 时间飞行法、相位法、三角法和调频连续波等四种测量原理的激光雷达公司, 打造了市面最齐全的激光雷达产品矩阵; 国内唯一一家自主研发出激光雷达专用 16 通道 TIA 芯片、1550nm 光纤激光器和激光雷达自动化生产线的激光雷达公司。镭神智能是最早布局转镜式混合固态激光雷达的公司之一, 并成功打造了国内首个、全世界第二个获车规认证的激光雷达 — CH32 混合固态激光雷达。镭神智能达到行业领先水平的车规混合固态激光雷达 CH128X 全球首发, 其基于高线束混合固态激光雷达小型化技术的突破, 不仅拥有测距远、视场宽、分辨率高的卓越性能, 而且整机尺寸大大缩小。凭借着雄厚实力和优秀业绩, 镭神智能是业界公认的领先激光雷达厂商。

镭神智能中文官网: <http://www.leishen-lidar.com/>; 英文官网: <http://www.lslidar.com/>

关于集和诚

集和诚科技于 2002 年 4 月成立于深圳, 作为一家集研发、生产、销售、服务于一体的智能物联系统供应商, 自创立以来, 依托深耕多年的行业经验和强大的科研背景, 践行“自主创新, 中国智造”的战略方针, 持续专注于工业计算机及系统应用平台的研发与生产。其多元化的产品及服务, 包括工业平板电脑、工业触摸显示器、嵌入式箱体电脑、单板电脑等以及专注行业应用的客制化解决方案和 AI 赋能增值服务。产品通过 CE、FCC、E-Mark、EN50155 等常规及行业认证, 广泛应用于工业物联网 (IIoT)、智能交通 (ITS)、智能安防、能源环保和生物安全等领域, 助力打造智能物联网边缘计算应用新高地。

集和诚中文官网: <http://www.jhctech.com.cn/>; 英文官网: <http://www.jhctechnology.cn/>



实际性能受使用情况、配置和其他因素的差异影响。更多信息请见 www.Intel.com/PerformanceIndex

性能测试结果基于配置信息中显示的日期进行测试, 且可能并未反映所有公开可用的安全更新。详情请参阅配置信息披露。没有任何产品或组件是绝对安全的。

具体成本和结果可能不同。

英特尔技术可能需要启用硬件、软件或激活服务。

英特尔未做出任何明示和默示的保证, 包括但不限于, 关于适销性、适合特定目的及不侵权的默示保证, 以及在履约过程、交易过程或贸易惯例中引起的任何保证。

英特尔并不控制或审计第三方数据。请您审查该内容, 咨询其他来源, 并确认提及数据是否准确。

© 英特尔公司版权所有。英特尔、英特尔标识以及其他英特尔商标是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。