

在 BEV 感知中，主要会用到 3 种传感器，分别为：相机 ( camera ) 、激光雷达 ( Lidar ) 以及雷达 ( Radar ) ，本文重点介绍激光雷达传感器，以及这 3 类传感器之间的优缺点

## 1. 激光雷达 Lidar

### 1.1 什么是激光雷达

激光雷达，也称光学雷达 ( Light Detection And Ranging ) 是激光探测与测距系统的简称，它通过测定传感器发射器与目标物体之间的传播距离，分析目标物体表面的反射能量大小、反射波谱的幅度、频率和相位等信息，从而呈现出目标物精确的三维结构信息。

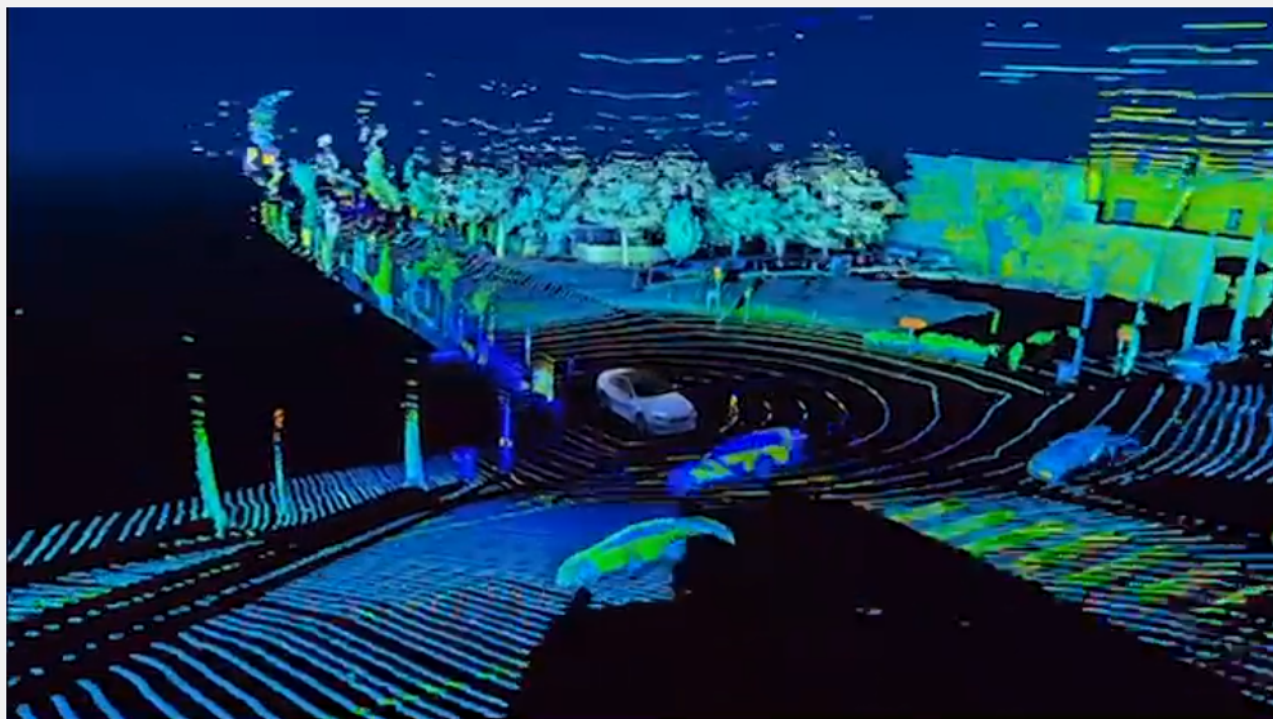
激光雷达是自动驾驶车辆的关键传感器，如下图所示，车辆上方旋转的圆柱体对应就是激光雷达传感器。



### 1.2 激光雷达的工作原理

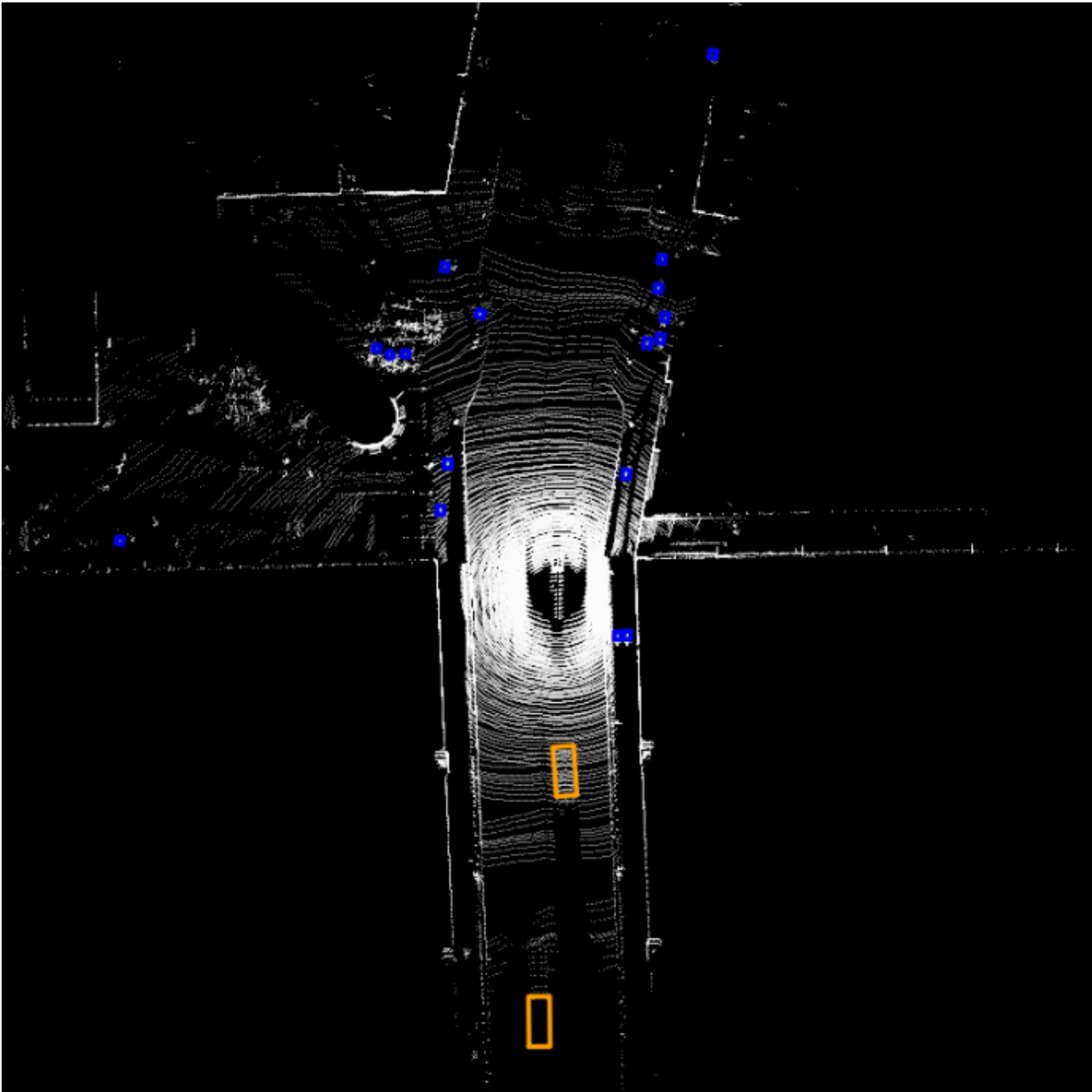
一个典型的 Lidar 传感器会像周围发送脉冲光波，这些脉冲光波照射到物体上会反弹回传感器，传感器利用每个脉冲返回到传感器所需要的时间来计算它们之间的距离。如果把这个过程重复上百万次就可以创建一个精确的、实时的由无数个点构成的 3D 环境地图，这个 3D 地图被称为点云。车载计算机可以

利用 Lidar 采集的点云进行安全导航。



下图是一个 BEV 视角 (bird's eye view) 下的 Lidar 点云图，从照片可以看出点云图的几个特点：首先在车辆周围的点云密集的一圈一圈的，这根 Lidar 线束是有关的，在车辆近距离位置是由下面的线速负责扫描的；

另外一点，Lidar 照射到物体时，它后方呈现黑色区域，就已经没有 Lidar 点了，说明 Lidar 照射到物体后会被直接返回而不会穿过物体。比如图中黄色方框位置是一辆车，在它后方部分为黑色区域。



视频中的 Lidar 是一个 8-128 线束雷达，我们可以看到 Lidar 是在 360 度不停旋转来扫描周围的物理世界，绿色是它的线束，进行一圈一圈的不停的扫描，这就是雷达的基本的工作方式。

1.3 具体的激光雷达举例

以 NUSense 采集点云的 spinning LIDAR 为例说明：spinning LIDAR 传感器的性能指标如下所示：

指标	说明
20 HZ capture frequency	该 LIDAR 传感器以 20 赫兹的频率进行数据采集。
32 beams , 1080 (±10) points per ring	该设备使用 32 个光束进行扫描，并且每个扫描环大约有 1080 个数据点
32 channels	该设备具有 32 个独立的数据通道
360° Horizontal FOV , +10° to -30° Vertical FOV ,uniform azimuth angles	该设备具有 360° 的水平视场和从 + 10° 到 - 30° 的垂直视场，方位角分布均匀。
80m-100m Range, Usable returns up to 70 meters, ± 2 cm accuracy	在 80 至 100 米的范围内进行测量，但实际可用的返回数据最远可达70米，准确性为 ±2 厘米。
Up to ~1.39 Million Points per Second	在最高性能下，该设备每秒可以生成多达约 1.39百万个数据点

- Nuscenes 收集数据集采用的 LIDAR 以 20HZ 的频率进行采集，LIDAR 的具有 32 线束，还有一个比较重点的它实际可用的返回数据最远距离可达 70 米，准确性±2厘米，说明该激光雷达可以精准的定位 3D 数

激光雷达结构如图 1.2, 转子上固定安装多对激光发射和接收装置, 通过内部电机旋转实现水平方向  $360^{\circ}$  扫描。

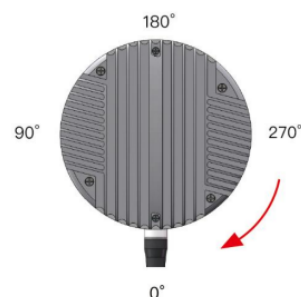
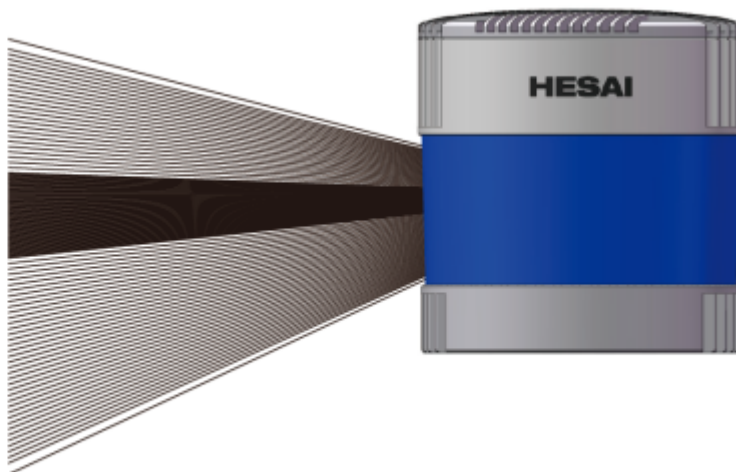


图 1.4 默认旋转方向 (顶视图)

- |        |         |
|--------|---------|
| 线束 1   | + 14.4° |
| 线束 2   | + 13.5° |
|        |         |
| 线束 26  | + 2.0°  |
|        |         |
| 线束 90  | - 6.1°  |
|        |         |
|        |         |
|        |         |
|        |         |
| 线束 127 | - 24.1° |
| 线束 128 | - 25.0° |



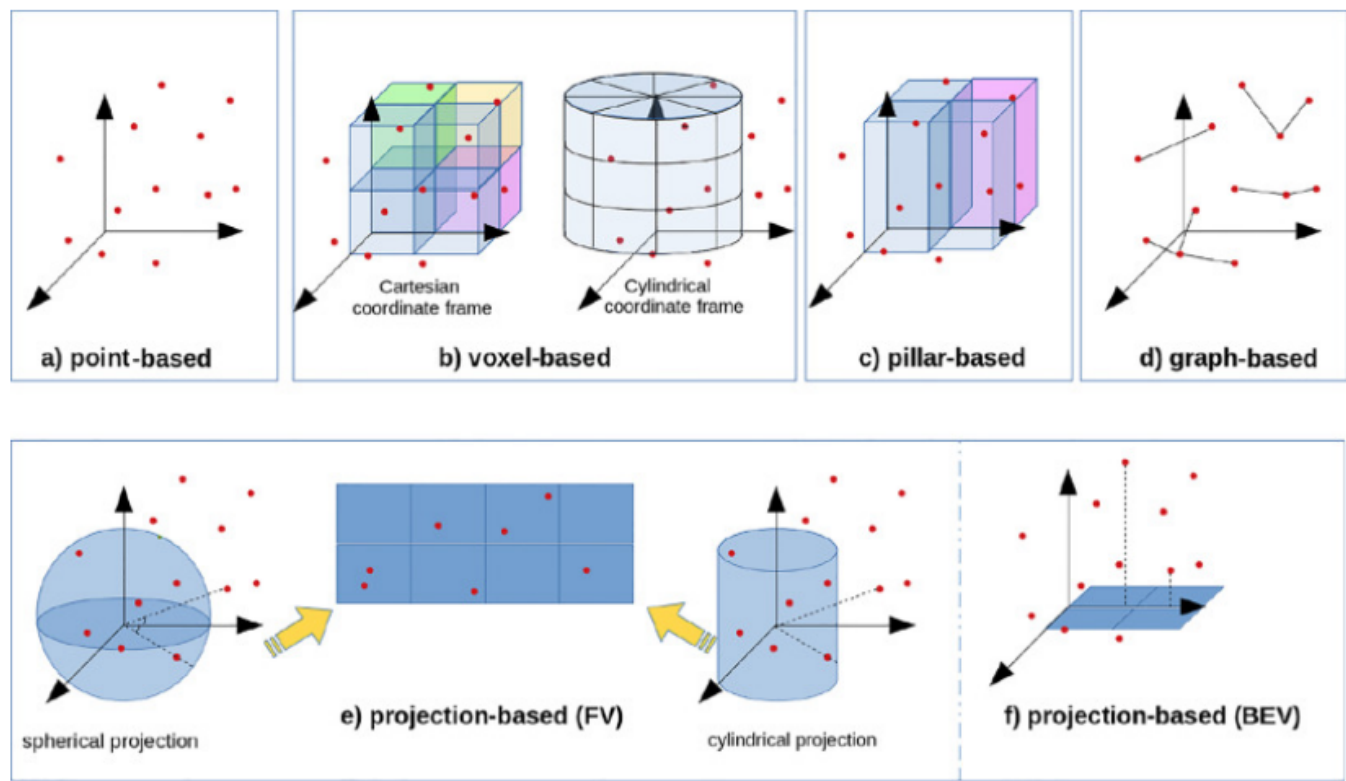
- 可以看到上图一线一线的就是 LIDAR 的线束，它有向下角度、水平角度、向上角度等不同的角度，上图就是线束的分布示意图。在前文中提到，BEV 视角下的点云图，在离车比较近的区域呈现一圈一圈的点云分布，这就是激光雷达角度偏下的线束扫描而成的，它普遍是一圈一圈的。

这里特指 Nuscenes 数据集 以.pcd.bin 二进制格式储存 pcd 就是 point-cloud data

≡ n015-2018-10-02-10-50-40+0800\_LIDAR\_TOP\_1538448760497849.pcd.bin

- 4 / 8

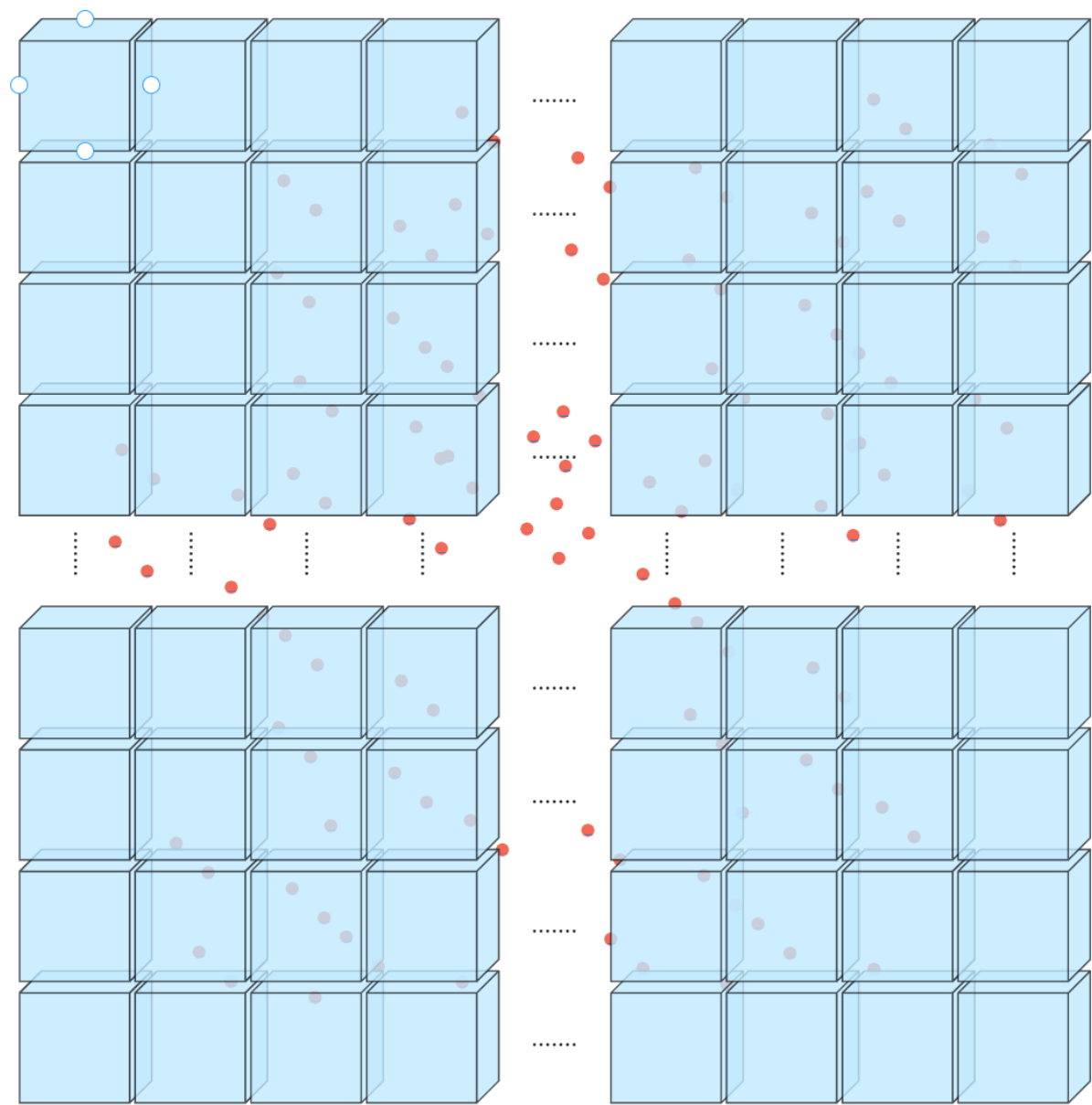
based )、基于体素的 ( voxel-based )、基于支柱特征的 ( pillar-based )、基于投影的 ( projection-based ) 和基于图的 ( graph-based )，在 BevFusion 中主要采用基于体素的方式处理



(3) 点云的稀疏性 从图片上看上去整个 LIDAR 点云是非常稠密的，但实际上单帧只有 3 万个 LIDAR 点，如果经过一些稠密处理大概可以有 20 万个 LIDAR 点。但是在体素 (voxel) 划分时，我们会将以 LIDAR 为中心的 - 54 米到 54 米，高 - 5 米到 3 米的空间，用 1440\*1440\*41 个格子进行划分，那么 20 万个点划分到 8 千多万个格子，这导致 LIDAR 划分的空间非常大。这导致 LIDAR 的点，在这个空间中，十分稀疏。

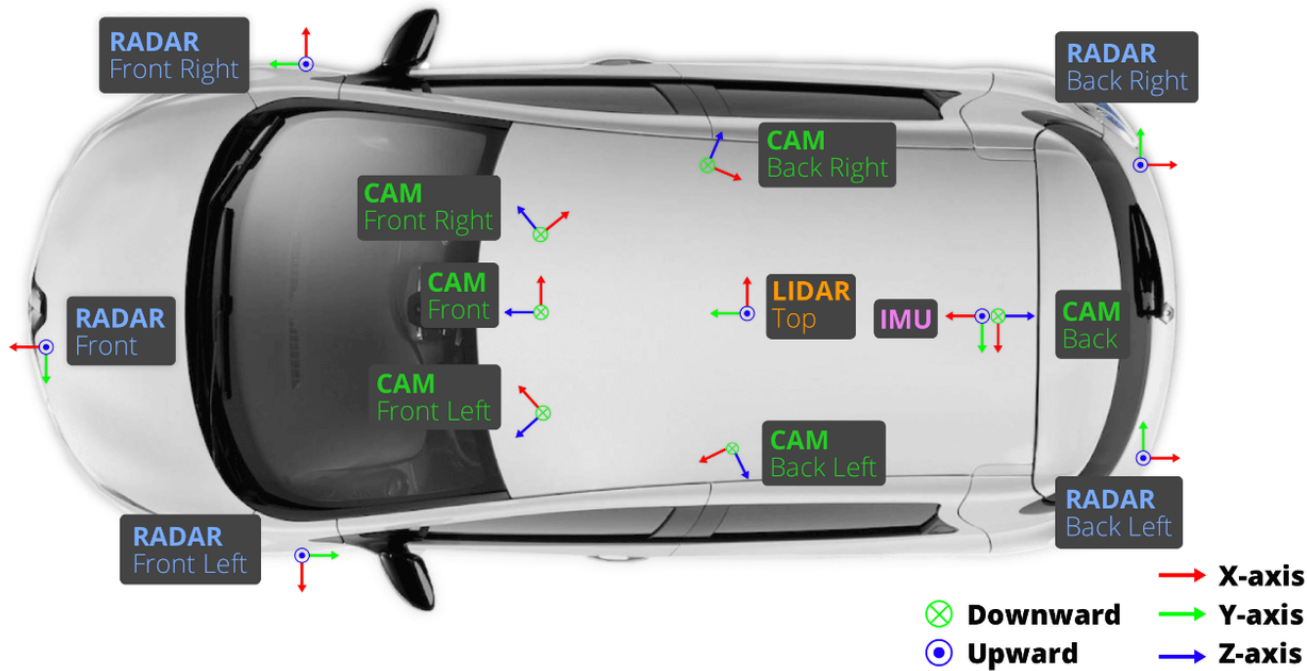
如下图所示，可以看出很多格子都是空的，连一个格子都没有圈到，这也是点云稀疏性的表现。稀疏性非常大，如果用标准卷积去计算的话，是非常浪费计算量的，有可能 90%的卷积都在卷空气。所以我们一般会用稀

疏卷积去进行处理和特征提取。



2. 不同传感器对比

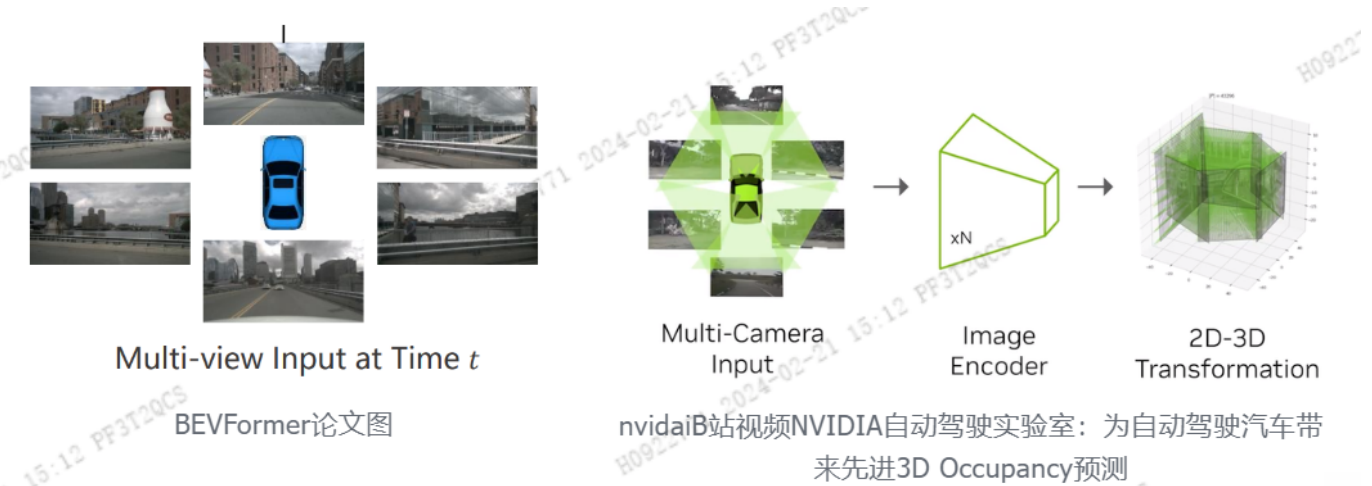




传感器主要包括：相机传感器、LIDAR (激光雷达) 和 RADAR (雷达)， 上图是 Nuscences 数据集传感器的布置图， 它包括：1个LIDAR + 5个RADAR + 6个Camera

2.1 相机传感器

2.1.1 BevFusion 相机输入与 2D 检测的有何不同



多视角输入：BevFusion 输入的相机是多视角的，而普通 2D 检测通常只需单一视角 时间同步： 由于存在多视角输入，所以存在时间同步的问题，BEVfusion 需要时间同步以融合多种传感器数据，而普通 2D 检测通常不需要

2.1.2 相机传感器的优缺点 优点： 丰富的视觉信息：能够捕捉到颜色、纹理等丰富的视觉信息。 成本低：相对于 LiDAR 和雷达，摄像头通常更便宜。 缺点： 光照依赖：在低光或逆光条件下性能下降。 无法直接测距：需要额外的算法或与其他传感器融合来估计深度。 环境敏感：对天气和光照条件敏感。 2.2 LIDAR 优点： 高精度 三维测量：能够生成高精度的三维点云数据。 高角度分辨率：能够捕捉到更细致的目标细节。（分辨率相对于 LADAR 来说，分辨率是比较高，如果跟相机比的话，它的分辨率还是不太够的） 缺点： 贵：高精度的 LiDAR 系统通常成本较高。 环境敏感：对雾、雨、雪等恶劣天气条件相对敏感。 数据处理需求高：生成的数据量大，需要更多的计算资源进行处理。 2.3 RADAR 雷达（RADAR）技术相对于 LiDAR 和摄像头来说，更早地被应用于汽车上。老牌！

自适应巡航控制 (ACC)：雷达在汽车上最早的应用之一，用于测量前方车辆的速度和距离，以自动调整巡航速度。Nuscenes 数据集中包含了 camera、LIDAR、LADAR 三种数据，但是 BEVFusion 中没有用到 LADAR 数据，只用到了 camera、LIDAR，最新版本中用到了 RADAR 的数据。优缺点

优点：高精度距离和速度测量：能够准确地测量目标对象的距离和速度。环境适应性强：对雨、雾、雪等恶劣天气条件相对不敏感。光照不依赖：在夜间或低光环境下也能有效工作。广覆盖范围：通常能够覆盖较大的观测范围。抗干扰能力强：具有很强的抗电子干扰能力。缺点：低角度分辨率：相对于 LiDAR 和摄像头，角度分辨率通常较低。数据复杂性：需要复杂的算法来解析和利用雷达数据。