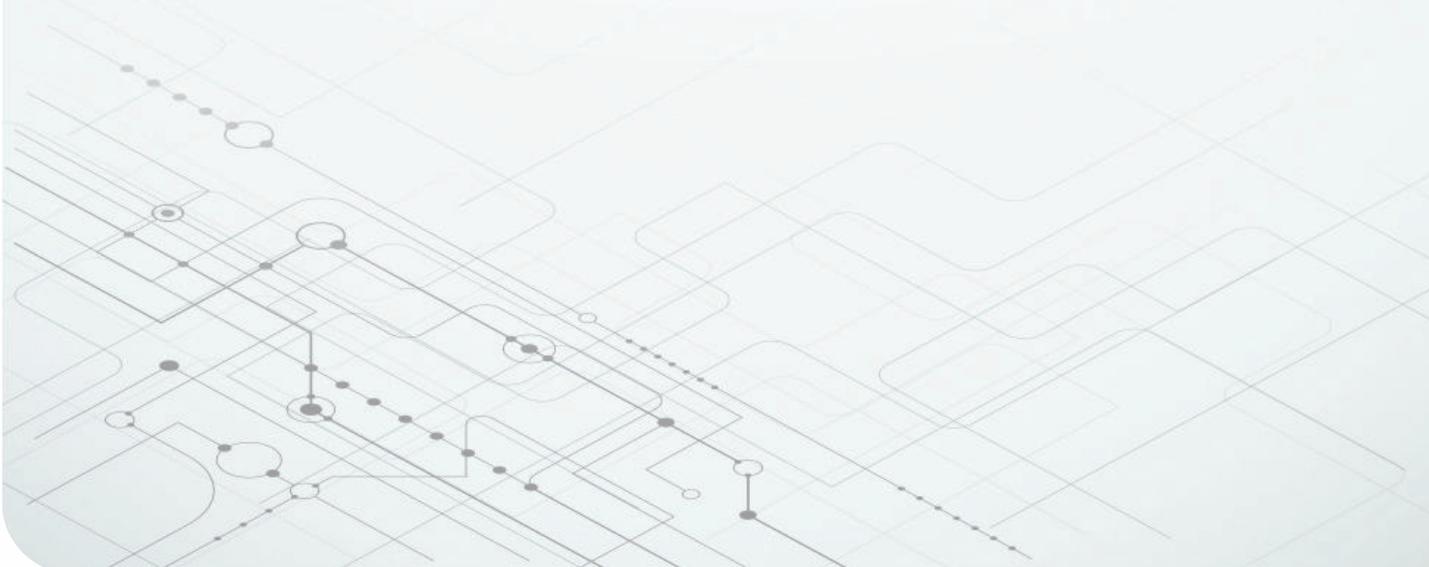


# 选择 60GHz 而不是 24GHz 毫米波 传感器实现更智能的工业应用



**Ralph Jacobi**  
Applications Engineer,  
Industrial mmWave sensors

**Artem Aginskiy**  
Marketing Manager,  
Industrial mmWave sensors



# 城市、建筑和工厂的智能水平不断提高，推动了对更强大感应技术的需求。近年来，毫米波传感器由于能够感知场景中物体的距离、速度和角度而备受青睐。

毫米波传感器使用射频 (RF) 传感，而不是光或声音，这提供了独特的优势，因为传感器可以穿透玻璃和石膏板等各种材料来检测人和物体。即使存在烟雾、雨水和弱光条件等环境因素，这些传感器也可以工作。这种稳健性使其在室内和室外应用中都具有出色的性能，这些应用包括位移变送器、安全防护装置、照明控制和智能运输系统。

## 引言

雷达感应使用多个射频频段，每个频段都受不同地区的法规约束。大多数射频传感器使用 24GHz、60GHz 和 77GHz 的无线电频段。77GHz 频段在汽车应用中很常见，但全球大多数地区对工业工厂、建筑和城市基础设施应用都有限制，包括那些需要人机互动的应用。

欧洲电信标准化协会 (ETSI) 和美国联邦通信委员会 (FCC) 制定频谱法规和标准，禁止新产品从 2018 年 9 月开始使

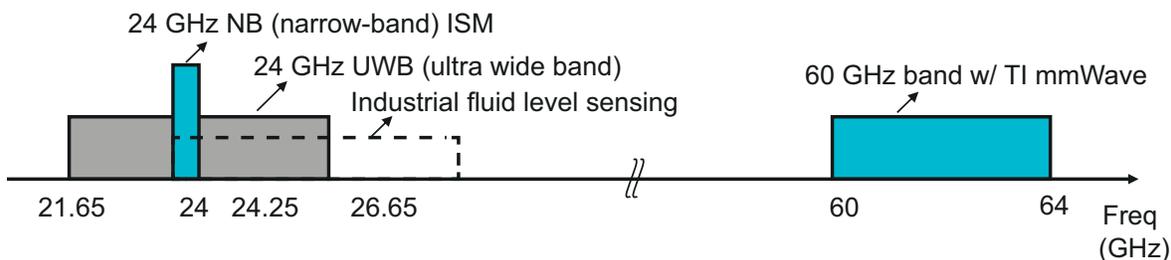


图 1. 24GHz 和 60GHz 频段。

UWB 的范围从 21.65GHz 到 26.65GHz，提供高达 5GHz 的带宽。NB 是一个工业、科学和医疗 (ISM) 频段，范围从 24.0GHz 到 24.25GHz，仅提供 250MHz 的带宽。

欧洲电信标准化协会和美国联邦通信委员会制定的频谱法规和标准规定，24GHz 的 UWB 将被逐步淘汰。从 2022 年 1 月 1 日起，欧洲和美国将不再允许将 24GHz 的 UWB 用于工业用途。其他地区预计也将实施类似的规定。

相比之下，TI 的 60GHz 毫米波传感器提供 4GHz 的 UWB 带宽，一旦法规生效，将产生 16 倍的可用带宽。距离分

用 24 GHz 超宽带。所有使用 24GHz 超宽带的现有产品都必须在 2022 年前淘汰。这些法规变化直接降低了传感器的距离分辨率，并对其稳健性和准确性产生负面影响。依靠密集点云数据的工程师将需要一种新的解决方案，以便在 24GHz 频段的可用带宽减少后实现出色性能。

然而，60GHz 频段上的射频使用不受当前或未来法规的限制。采用此频段的传感器能够收集丰富且精度很高的点云数据，使 60GHz 成为未来全球工业雷达感应应用的良好替代方案。

## 24GHz 和 60GHz 频段

24GHz 频段有两个主要组成部分：超宽带 (UWB) 和窄带 (NB)，在图 1 中与 60GHz 频段一起显示。

分辨率很大程度上依赖于可用带宽，因此，对于高精度雷达应用，60GHz 毫米波传感器将提供明显优于 24GHz 传感器的性能。

## 丰富的点云数据

感知对象是毫米波传感器的关键功能，但许多应用需要的不仅仅是简单的对象检测。例如，运动检测是毫米波可以处理的标准用例。虽然其他技术可以充分检测到房间里有人，但人员计数和跟踪需要大量的点云数据来准确识别里面的人，同时避免错误的触发。

丰富的点云数据可以识别毫米波传感器视场 (FoV) 中的物体数量，指出它们的位置并对它们进行分类。分类的一个示例是在杂乱的室内环境（如存在吊扇、百叶窗或其他物体）中检测到的人。利用毫米波，甚至可识别特定的对象，例如在周边安全应用程序中区分狗和人。

交通和十字路口监控是另一个应用，传感器需要准确区分两辆并排行驶的汽车，计算停车场内的汽车数量或跟踪行人的运动。在这些场景中，丰富的点云数据对于保持高测量精度至关重要。点云数据来自毫米波传感器的四个参数：X 轴、Y 轴和 Z 轴的数据以及径向速度数据。收集有意义的数据需要传感器提供精确的范围和速度分辨率。

### 距离分辨率

凭借精细的距离分辨率，工业系统能够可靠地识别和分离密集的物体。距离分辨率是与雷达信号可用带宽的函数。尽管目前 60GHz 和 24GHz 频段的性能相当，但是当法规变化将 250 MHz 带宽限制在 24 GHz 时，距离分辨率的大幅下降将影响所有雷达传感应用。

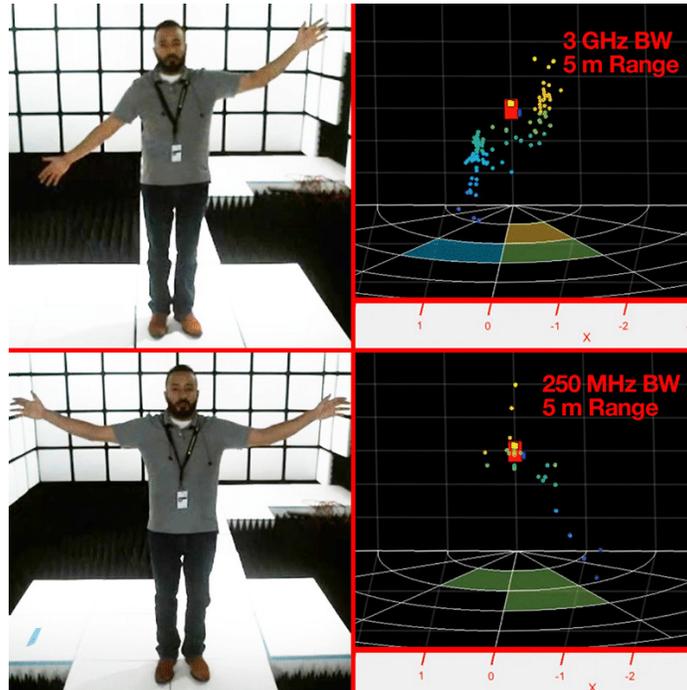


图2. 点云比较图像

在 3m 距离处获得的点云数据。实验结果说明了距离分辨率对收集丰富点云数据的影响，以及 2022 年 24GHz 带宽减少的重要影响。

德州仪器 (TI) IWR6843 毫米波传感器提供高达 4GHz 的带宽，由此产生的距离分辨率为 3.75cm。使用 250MHz 带宽的 24GHz 传感器的最佳距离分辨率为 60cm。对于距离分辨率，数字越小，点云数据结果则越精细和密集。表 1 比较了 2022 年各种雷达感应技术提供的距离分辨率。

图 2 比较了 IWR6843 传感器使用 4GHz 和 250MHz 的带宽，

技术	60GHz ISM 频段 (4GHz 带宽)	77GHz 频段 (4GHz 带宽)	24GHz ISM 频段 (250MHz 带宽)
距离分辨率 (cm)	3.75	3.75	60

表 1. 2022 年常见雷达传感器的距离分辨率。

### 速度分辨率

与距离分辨率不同，精细的速度分辨率取决于各种参数。根本而言，速度分辨率与中心频率（而不是带宽）成正比

比。因此，由于中心频段更高，60GHz 雷达还可提供比 24GHz 雷达高 2.5 倍的速度分辨率。

由于点云数据集数量不足，往往需要修改算法。即使算法经过优化，能够使用较少的点云数据提供相同的性能，也需要更多的处理时间和资源，这会影响系统级性能或增加处理成本。

精细的速度分辨率有助于更好地跟踪横向运动，从而更稳定地检测运动中的物体。在人员计数等应用中，物体分离和横向运动跟踪对于精确检测走在一起或越过传感器的人至关重要，以最大限度地减少误检或漏检。

## 智能处理

将环境建模和物体分类算法应用于点云数据，可避免误检。这些算法依赖可靠的数据输入来最大限度地减少误差，并准确检测传感器 FoV 内的物体并进行分类。

处理点云数据以进行物体识别和分类需要采用处理器密集型算法。许多系统依赖专用的数字信号处理器 (DSP) 来处理从毫米波传感器获得的原始数据。TI 的毫米波传感器具有集成式微控制器 (MCU)、DSP 和快速傅里叶变换加速功能，不仅可处理数据采集，还可处理高级应用（如单个芯片上的物体分类），从而实现边缘智能。

TI 毫米波传感器不仅能够感应和提取物体的距离、速度和角度信息，还能利用这些信息进行人员计数、室内导航和物体分类。这种处理能力使传感器能够在现场做出决策，并降低系统复杂性，同时仍能与更大的网络进行通信。

## 节省 PCB 空间

封装尺寸是许多传感器设计人员关注的关键问题。无论是可用的物理空间有限，还是传感器需要采用纤薄小巧的设

计以便更好地隐藏在房间里，最小化印刷电路板 (PCB) 尺寸都是一项挑战。无论是需要安装在墙上或天花板上，放置在摄像头旁边，或是安装在空间受限的位置（如机械保险杠内部），更小的 PCB 使设计不引人注目的传感器外壳变得更容易。

在用于雷达感应设计的 PCB 中，天线阵列是最大部分之一。设计天线阵列旨在满足 FoV 和增益等规格，部分设计需要考虑雷达信号的波长。波长越长，所需的天线阵列就越大。但是，随着波长的缩短，可以将天线阵列的尺寸减到最小，并达到相同的性能。

与现有的 24GHz 传感器相比，仅通过调节天线，PCB 的天线阵列就可以减小为原来的六分之一，如图 3 中所示。这种缩小规模的能力使新传感器能够在内部包含天线，从而进一步减小传感器尺寸并降低部署成本。

TI 毫米波传感器还将信号和数据处理集成到单个芯片中，这样可减少元件，进而减小小板空间并降低物料清单 (BOM) 成本。

如图 4 所示，为了实现双收发器 (2TX) 和四接收器 (4RX) 系统，与单一毫米波传感器相比，24GHz 传感器需要多个元件。此外，模拟前端和数字处理需要仔细布线，甚至可能需要单独的 PCB，这增加了系统的复杂性和成本。

由于具有更高的中心频率并提供集成式单芯片解决方案，TI 毫米波解决方案与目前的 24GHz 产品相比，可以显著减小传感器设计的占用空间。这导致了系统尺寸和重量的减少，安装和 BOM 的降低，并且更容易集成到机械设计中。

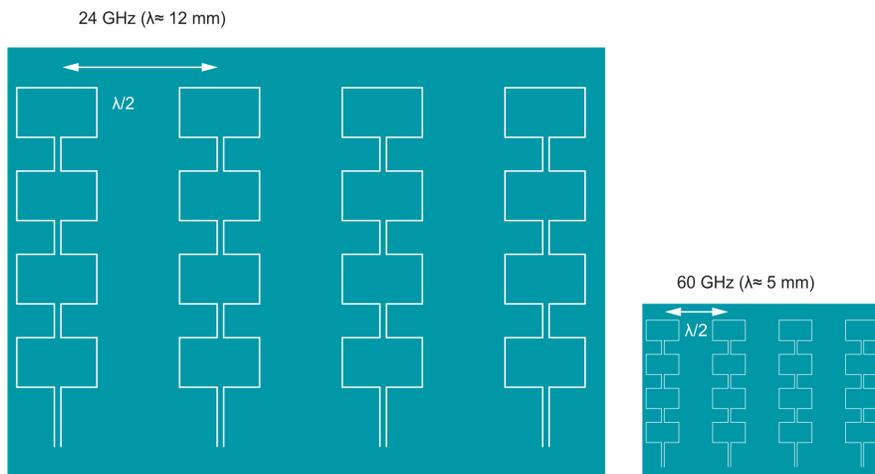


图 3. 较高射频频率对缩小天线尺寸的影响。

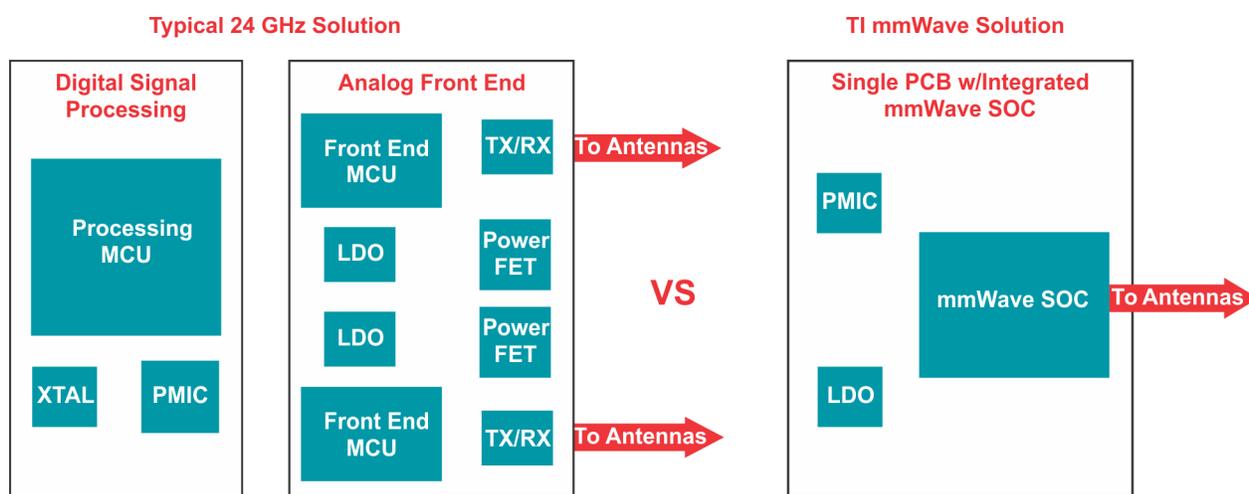


图 4. 24GHz 系统与 TI 毫米波 60GHz 系统的典型 2TX/4RX 设计比较。

## 结论

2022 年的法规变化对工业设计的影响已初见端倪，任何利用 24GHz 频段的系统都需要进行重新评估，以确定其未来可行性。距离分辨率的降低将影响数十种应用，现在就需要开始更改设计，以便在 2022 年前做好准备。

目前对 24GHz 解决方案的任何评估都应考虑到这一即将到来的变化，而且目前采用该技术的用户必须立即采取行动，以确定带宽的减少是否会影响应用程序或要强制重新设计。

工业感应解决方案的设计人员应考虑 TI 的 60GHz 集成式单芯片传感器的优势：它们不仅外形紧凑，能够获取丰富的点云数据，还具有较高的距离和速度分辨率，可实现集成处理。

## 参考文献

- 开始使用我们的[模块化开发平台](#)
- 下载[使用毫米波雷达传感器的人员计数和跟踪参考设计](#)

**重要声明:** 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司