

白皮书

5G 专用蜂窝网络是如何工作的？

3月 2026

概述

工业数字化的加速推进以及物联网 (IoT) 连接设备的快速增长，直接推动 5G 专用蜂窝网络 (5G PCN) 的需求日益高涨。

5G PCN 对于那些必须依赖可靠、安全且高性能无线连接的企业和行业尤为有益。该网络能够使用高级应用程序，并能很好地适应工业自动化不断增长的需求。

与 Wi-Fi® 相比，5G PCN 不仅拥有更广的室外覆盖范围和更大的容量，而且能够支持比传统移动网络 (3G/4G) 更多的设备数量。此外，它还让用户能够拥有并设计自己的系统，以满足其特定的工作流程需求。虽然部署 5G PCN 是一笔很大的投资，但与有线安装相比，它无需开挖沟槽，从而节省了成本，并提高了运营效率。

多年来，蜂窝网络不断发展，经过一代又一代的更迭，每一代都历经了移动设备容量和连接性的快速变化。

目录

1	引言	4
2	5G专用蜂窝网络的优点	5
3	5G专用蜂窝网络的用例与应用	6
4	专用蜂窝网络与公用蜂窝网络的区别	7
5	5G专用蜂窝网络中的安全与隐私考量	8
6	5G与视频监控	8

1 引言

本白皮书将专用蜂窝网络称为具有自己的核心并使用蜂窝技术在特定位置提供连接的网络。核心网充当 PCN 的智能控制中心，负责管理数据流量、身份验证、用户会话、安全性以及服务开通等方面。

与由移动网络运营商 (MNOs) 运营且面向公众的公用蜂窝网络不同，专用蜂窝网络专为满足企业的特定需求而设计。只有授权用户才能访问专用蜂窝网络。

无线接入网 (RAN) 利用无线电信号将用户设备连接到 5G 专用蜂窝网络。

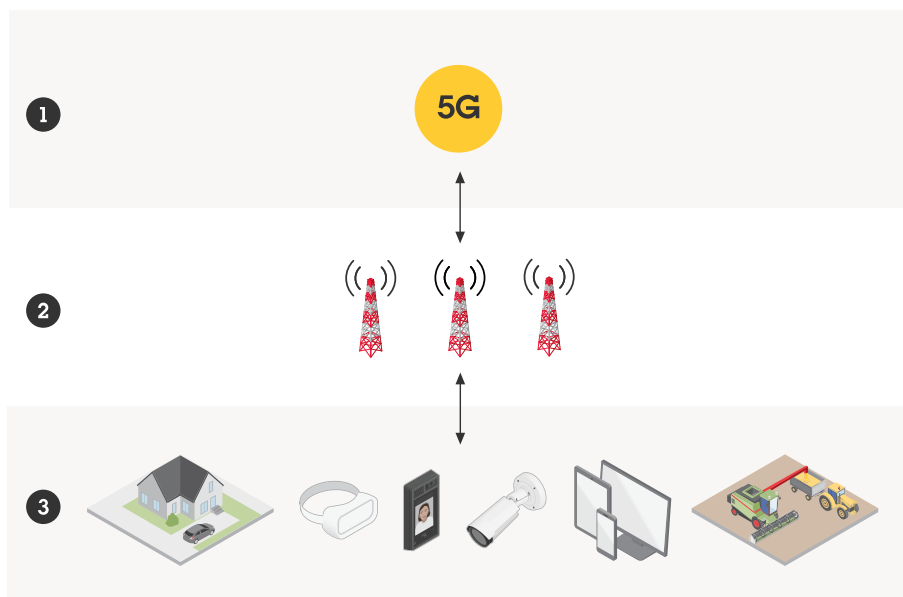


图 1.1 1: 5G 核心网 2: 无线接入网 (RAN) 3: 用户设备 (UE)

5G 支持比其前代技术更广泛的频谱。它支持三个频段：高频段、中频段和低频段。

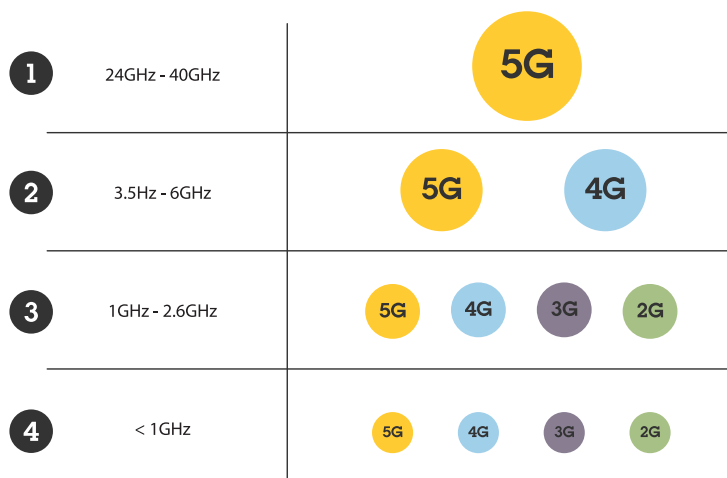


图 1.2 1: 高频段 2 和 3: 中频段 4: 低频段

- 高频段可提供超高速传输和超低延迟，约为 1 毫秒。
- 凭借在移动设备上的高速传输和低延迟特性，中频段能够启用高清视频流、虚拟现实与增强现实，以及云游戏，并具备高可靠性和海量连接能力。
- 低频段具有覆盖范围广、室内穿透力强的特点。

这些 5G 频段也被称为 5G sub-6GHz 和 5G 毫米波 (24GHz-40GHz)，它们直接影响网络的覆盖范围、容量和速度。

5G 是第五代蜂窝网络技术，旨在提供比前几代更快的数据传输速度、更低的延迟以及更大的容量。理论上，其最大下载速度可达 20 Gbps，峰值上传速度为 10 Gbps。实际用户体验的速度通常较低，往往超过 100mbps。这些峰值速率主要通过毫米波频谱实现，旨在提供比 4G LTE 高 100 倍的流量密度。凭借这一数据速率，流处理、下载和上传高数据内容将更加流畅和迅速。

2 5G 专用蜂窝网络的优点

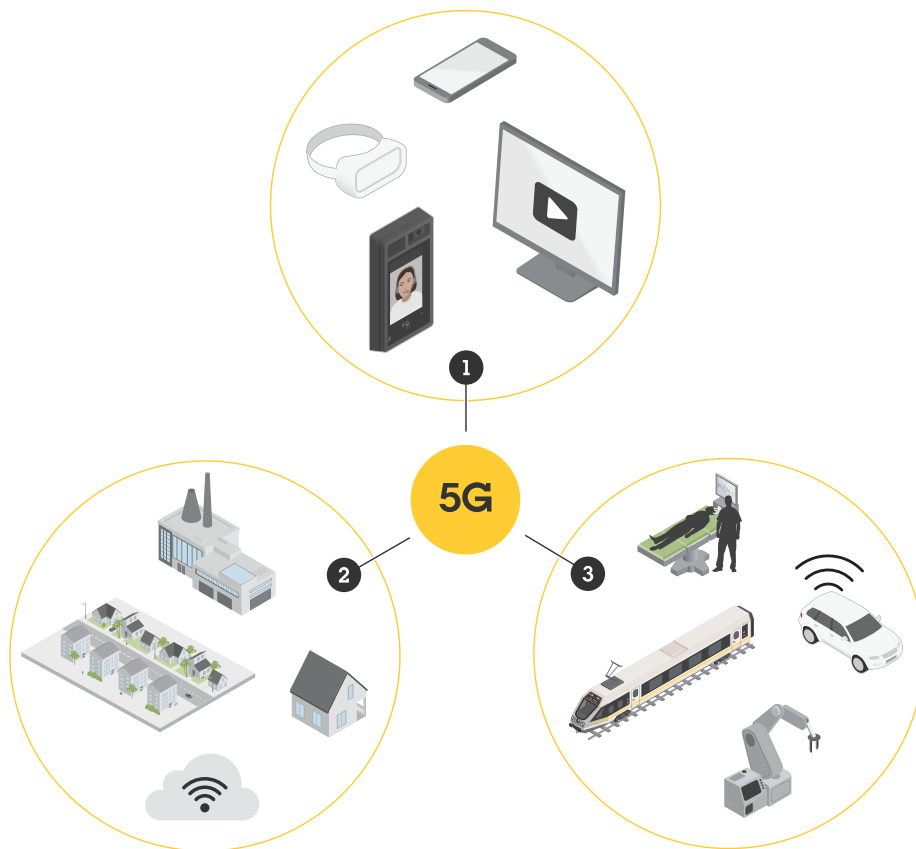


图 2.1 1: 高性能移动宽带 2: 大规模机器类通信 3: 可靠的低延迟通信

1 高性能移动宽带：借助 5G 专用蜂窝网络，您可以根据连接需求，在建筑物或位置内分配、控制和调度网络带宽。它支持网络切片，这意味着您可以在同一物理基础设施内创建多个具有不同性能特征的虚拟网络。这使企业能够根据具体用例来定制网络。例如，运行 PCN 的机场可以为航空公司提供专属网络，将其作为 PCN 的一个切片，这种方式比传统 Wi-Fi 或公用网络更为安全。

5G 比 Wi-Fi 更不易受到干扰，且安全性更高。由于该网络是专用的，因此能够提供增强的安全性，并对数据流量进行更有效的管控。这对处理敏感信息的企业而言极其重要。它还能独立于公用网络运行，因此不会出现因公共用户导致的网络拥塞，也不会因企业无法控制的系统故障而引发服务中断。

2 大规模机器类通信：它支持物联网 (IoT) 和机器对机器 (M2M) 通信，这些都对现代工业和企业应用至关重要。它具有更广的覆盖范围，支持的联网设备数量也比 4G 更多。随着采用物联网 (IoT) 和机器对机器 (M2M) 技术的设备数量不断增加，对 5G 的需求也日益增长。

3 可靠的低延迟通信：5G 网络具有更低的延迟，即数据包从源头传输到目的地所需的时间。需要实时响应的应用场景，例如在线游戏、自动驾驶汽车和远程外科手术，需要更低延迟的蜂窝网络。

建设专用 5G 网络是一项巨大的投资，但它也具有节省成本的潜力。节省成本可以体现在直接安装成本和运营效率两个方面。例如，在机场，PCN 可通过以下方式帮助节省成本：

- 极具成本效益的周界安装：在大型围栏周围开挖沟槽可能成本高昂。只要有电力，PCN 就不需要开挖沟槽。
- 安装更快捷、更灵活：您无需新建网络基础设施即可安装摄像机。开挖和铺设电缆可能会对机场的各个区域（包括建筑物）造成不良影响。此外，这些有线安装很少能对环境产生积极的美学效果。开挖、钻孔、拉缆等必要的施工活动不仅耗时，还会产生噪音并造成道路堵塞，这可能会干扰或阻碍企业的日常工作
- PCN 与旧基础设施形成互补：PCN 可以对网络起到补充和卸载的作用，而不是用新基础设施取代旧的有线基础设施来扩容。它还允许您添加新的设备。
- 临时连接：PCN 具有移动性优势，因为很难管理连接到有线网络的移动车辆。在许多需要临时网络连接的场合，它都非常实用，例如：在机场、与客户的交易会上、校园的建筑工地，或室内外活动中。

3 5G 专用蜂窝网络的用例与应用

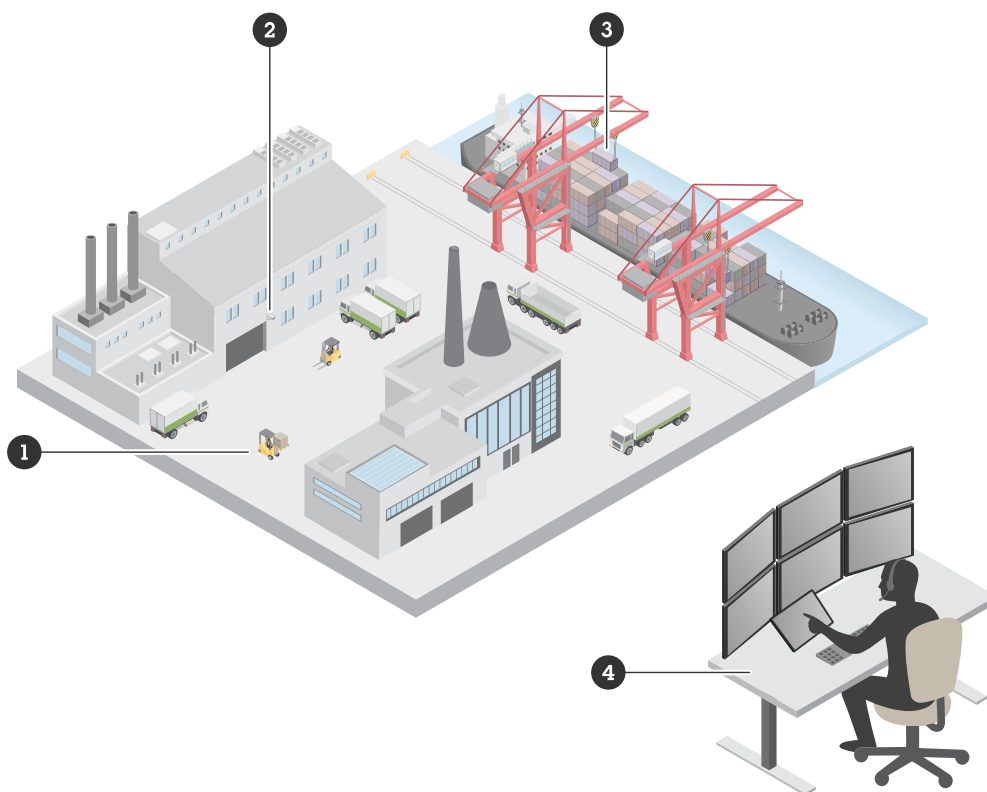


图 3.1 1：实时工作负载跟踪2：视频监控3：机器遥测4：监控与远程操作

5G 专用蜂窝网络更适合在大型、复杂和动态环境中运营并需要安全可靠移动连接的企业。

- 1 **实时工作负载跟踪**：5G PCN 实现实时跟踪。例如，制造和工业工厂可能需要实时追踪其资产，以掌握其确切位置和状态。为此，它们需要 5G 所提供的超低延迟和可靠连接。医院还可以使用专用 5G 网络，为关乎生命的医疗设备提供可靠连接，支持低延迟的远程医疗咨询和远程外科手术，以及在整个大型院区内对输液泵和轮椅等移动设备进行追踪，确保数据安全和网络性能。
- 2 **视频监控**：像港口这样充满起重机、卡车和工人的动态环境，需要对室内外区域进行无缝视频监控。5G PCN 提供了港口所需的广泛覆盖和无缝切换，以追踪资产、管理自动驾驶车辆，并保障业务运营顺畅进行。
- 3 **机器遥测**：要预测机器的维护需求、进行操作分析并实现远程控制，您需要持续获取来自该机器的数据。此类数据可包括撒布机位置、负载重量和电机温度。例如，一台大型船岸起重机可以成为一个完全互联的数字资产。专用 5G 连接取代了易损且维护繁琐的光纤电缆盘，并以电子方式无线传输关键信息。与此同时，同一条连接线路还可以从安装在起重机上的摄像机流传输视频，使操作员能够清晰地看到集装箱及其周围环境。
- 4 **监控与远程操作**：关键基础设施（能源、公用事业、采矿）和大型场所（机场、体育场）通常需要对场所进行监视，以及远程操作其机器。以一家公用事业公司为例，它需要监视其电网传感器。专用 5G 连接既能满足监视地点和操作机器的需求，又能确保关键业务流量的高效运行。

4 专用蜂窝网络与公用蜂窝网络的区别

专用蜂窝网络专供特定企业使用，而公用蜂窝网络则由广大公众共享和使用。虽然它们都提供网络连接，但两者之间仍存在一些差异。其中包括：

功能	专用网络	公用网络
所有权	<p>专用私有网络与不同类型的公共运营移动网络相互隔离。该业务专门面向企业提供。</p> <p>它使企业能够全面掌控网络、设备及安全策略。</p>	<p>它由移动网络运营商 (MNOs) 所有和运营，最终用户拥有有限的控制权。</p>
可配置性	<p>PCN 使企业能够全面掌控网络、设备及安全策略。</p> <p>企业可以配置上行链路和下行链路的无线资源，以及设置 QoS 级别、配置网络切片并根据自身需要扩展网络。</p>	<p>您为您的订阅选择特定网络配置的可能性较小。</p> <p>大多数配置将需经由 MNO 管理部门进行处理。不过，您可以创建一个 MNO 网络的虚拟子网（网络切片），使其像专用网络一样运行，从而利用 MNO 的核心和网络节点，而无需拥有自己的网络设备。</p>
成本模型	<p>购买和部署硬件以及维护网络需要大量投资。但这只是一次性投资，之后即可享受无限流量。</p>	<p>MNO 由政府颁发许可证，必须遵守相关规定。您需要向 MNO 支付订阅费。</p>

安全	它是高度安全的，因为您可以直接管理安全性，将数据存储在本地，并能安全地通过公共互联网或移动网络运营商 (MNO) 的网络进行传输。专用 SIM 卡（如配置）还能通过 SIM PIN 码添加额外的安全层级。	您必须将您的数据委托给第三方数据安全和策略。此外，数据是通过 MNO 的共享基础设施传输的。
访问权限与覆盖范围	由于连接和访问仅限于授权设备，且仅部署在企业所需的区域，因此该系统具有低延迟和覆盖广的特点。您可以控制每一台设备的数据使用量及其服务质量。	它的覆盖范围有限，且可能出现网络拥塞。这是因为您的设备与许多其他设备一起争夺共享资源，而且您无法控制由谁使用数据以及他们使用多少数据。

总而言之，公共网络采用一种简单的基于订阅的模型，当性能达到基本要求即可时，它便十分实用。当性能、安全性和可靠性对企业的运营至关重要且不容妥协时，就需要建立专用网络。

5 5G 专用蜂窝网络中的安全与隐私考量

专用蜂窝网络为企业提供了安全且私密的连接。此外，借助专用蜂窝网络，企业能够拥有并控制自身数据。

除了通过 SIM 卡保护网络访问安全外，端到端加密技术还能有效保护操作型数据和个人数据。只有经过授权的用户、设备、应用程序和系统才能使用该网络。

应限制并管控对本地核心服务器或无线电单元的物理访问。这是为了确保只有具有授权访问权限的人员才能访问网络安全的物理组件。

以下是 5G PCN 中存在的一些安全风险：

- **配置错误**：配置错误的网络切片可以绕过共享控制。这可能会造成一个难以检测且容易被利用的安全漏洞。
- **旁路攻击**：有可能从时间、功率或内存使用情况等间接信号中提取信息。
- **拒绝服务 (DoS)**：攻击者可能会干扰无线接入通道、造成应用可编程接口 (API) 过载，或对网络切片发起洪水攻击。
- **窃听与流量分析**：5G 网络中的数据经过加密，但元数据并不总是如此。攻击者通过观察流量模式，可以推断出用户的行为、位置或应用类型。
- **中间人 (MITM) 攻击**：一种设备可以伪装成一个 5G 基站，并破坏机密性和完整性。

6 5G 与视频监控

尽管 5G 网络采用基于互联网协议 (IP) 的架构，但在第 2 层（数据链路层）上却存在显著差异。这使 5G 网络的运作与有线或 Wi-Fi 网络都有所不同。

IP 摄像机的默认行为是处于被动状态，等待客户端与其建立连接。借助 VMS（视频管理系统），摄像机通常通过 mDNS（组播 DNS）或 UPnP（通用即插即用）等协议被发现。这些协议高度依赖链路层，且不被 5G 网络支持。为了将 5G PCN 上的摄像机板载到传统 VMS（如 Genetec、Milestone 或 AXIS Camera Station），摄像机应具有已知的静态 IP 地址。虽然也可以通过 VMS 扫描 IP 地址范围，但摄像机仍需在已知的 IP 地址范围内拥有一个静态 IP 地址。

例如，通过使用 WebRTC 或 VPN 解决方案，您不必依赖于拥有已知的静态 IP 地址，因为客户端和服务器是通过一个共同的已知服务器进行连接的。然而，安讯士摄像机或旧版 VMS 均不原生支持此功能。

在中频段 (sub 6 GHz) 运行的 5G PCN 支持的最大带宽为 100 MHz，这限制了可用比特率。此外，移动设备的信号质量也会发生变化。固定设备也可能经历无线电环境变化，这会影晌信号质量，进而影响通道上的可用比特率。与有线网络相比，5G PCN 的比特率更为有限且难以预测，因此更容易出现拥塞。

典型的视频流配置文件通常波动很大。一个 I 帧会生成大量数据，这些数据需要在短时间内传输完毕。在带宽不足的情况下，这可能会导致缓冲区损坏、延迟、丢帧和视频质量差。

与有线网络相比，在 6 GHz 以下频段运行的 5G PCN 延迟增加了约 10 毫秒。对于实时浏览和 PTZ 控制等监控用例而言，这无关紧要，但对于自动驾驶汽车等其他用例则至关重要。网络拥塞可能会导致延迟显著增加。

关于安讯士 (Axis Communications)

安讯士通过打造各种解决方案，提高安全水平和企业效益，旨在创造一个高度智能、更加安全的世界。作为一家网络技术公司和行业领导者，安讯士致力于推出视频监控、访问控制、内部通信和音频系统解决方案。安讯士通过智能分析应用程序增强解决方案，并提供高质量培训支持。

安讯士在全球50多个国家和地区设有办事机构，拥有超过5,000名尽职的员工，并与遍布世界各地的技术和系统集成合作伙伴携手并进，为客户带来高价值的解决方案。安讯士创立于1984年，总部位于瑞典。