



公用事业和能源公司的专 用网络

设计室内和室外专用网络的最佳实践。《颠覆性分析》思想领袖电



子书。

Disruptive Analysis



目录

摘要	3
部门定义	4
主要挑战和市场驱动力	5
公用事业和能源领域的 4G/5G 应用案例	7
为什么要部署专用网络?	12
专用网络的网络规模	15
频谱选择和趋势	17
结论与长远未来	20



摘要

在所有垂直行业中，公用事业和能源行业对通信网络的要求最为苛刻。它们是各国国家基础设施的重要组成部分，对正常运行时间、可靠性和安全性有着严格的要求。许多领域对健康和安全都有影响，既有直接影响，如电网短路和燃料泄漏，也有间接影响，如停电影响医疗设备或供水。此外，包括大多数固定和移动运营商在内的其他通信网络本身也依赖于可靠的电力供应。

许多公用事业和能源公司历来为国家或市政当局所有，拥有独特的国家特定法规和技术遗产。大多数公司都开发了自己的专有网络基础设施，以控制和监控其资产、员工和场所。

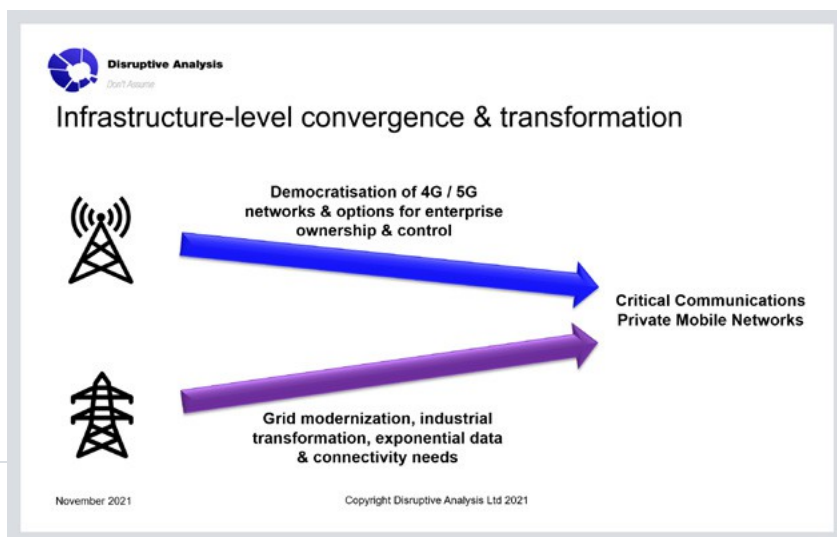
与大多数行业不同，能源和公用事业公司长期以来一直拥有先进的网络基础设施和内部技能组合。它们一直注重低延迟要求，其网络可能需要 6 或 7 个 9 的可靠性（99.9999% 正常运行时间），以及 20-30 年的生命周期，在某些情况下还需要覆盖全国。它们通常拥有广泛的自建光纤网络和 VHF/UHF 无线网络，用于重要的语音和语音对讲。许多设备使用专用微波链路进行远程 M2M 控制和 SCADA（监控和数据采集）应用。网络安全问题至关重要。

此外，公用事业也是移动运营商全国 4G 网络和即将推出的 5G 网络的大规模客户。它们需要为车辆、安全摄像机和消费者计量提供宽带和移动连接，而传统无线网络很难支持这些应用。越来越多的新应用将更适合蜂窝网络--尽管如本文所述，其中一些应用最好由私人/专用网络提供。可再生太阳能和风能发电等新领域意味着基础设施是分布式的，其覆盖范围超出了传统网络。

从本质上讲，目前正在发生的是一种融合：

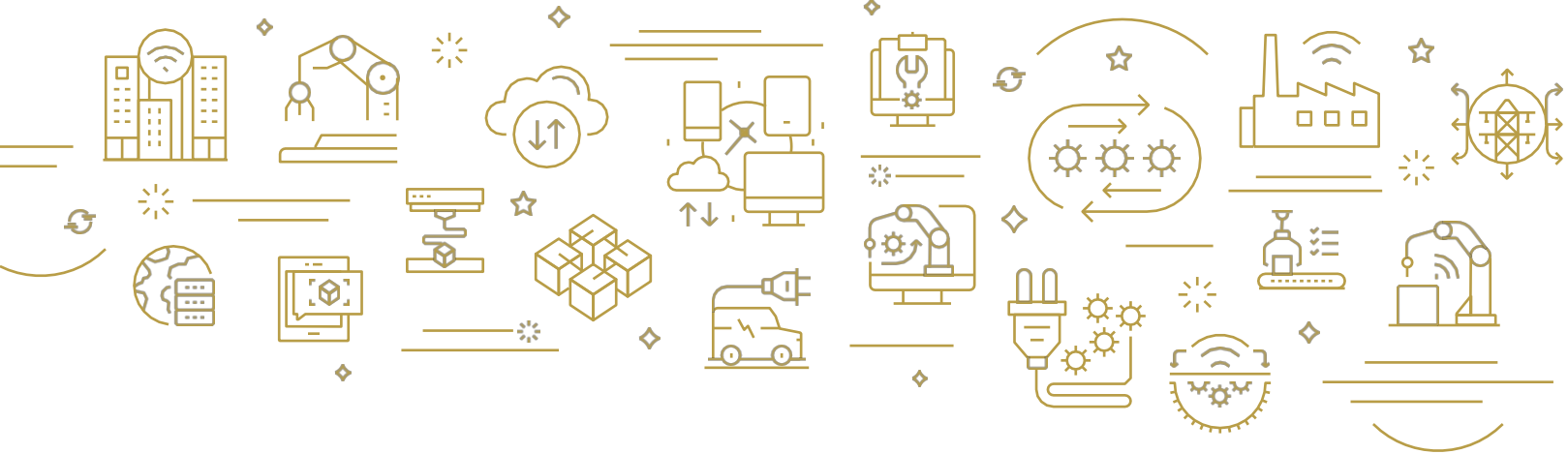
➤无线网络正在向标准技术迁移，特别是 4G 和 5G 蜂窝技术。由于频谱和通信技术的变化，这些技术正变得 "民主化"，超越了传统的移动网络运营商。在设备可用性方面，公用事业和能源公司等企业越来越有能力（也愿意）建立自己的专用网络。

➤公用事业/能源行业的电网和资产正变得



更加分布式、数据驱动和互联。一系列工业转型计划（以及更广泛的社会趋势）正在推动对更多更好的互联互通的需求。

这些因素结合在一起，为关键通信、一般物联网和运营需求创造了完美的专用移动网络供需匹配。本文概述了 4G 和 5G 的主要用例、部署方案和实现路径。



部门定义

本报告涉及众多子行业和场所类型。尽管它们有许多共同点--尤其是被列为任何国家关键基础设施的一部分--但在物理条件、应用/技术平台以及监管方面也存在明显差异。



Disruptive Analysis
Don't Assume

Many different utility & energy sector domains



Sub-stations & distribution



Offshore



Pipelines



Refineries



Oil & Gas Extraction



Energy generation



Transmission



Water treatment

... and metering, LNG, wholesale, exploration...

November 2021

Copyright Disruptive Analysis Ltd 2021

本电子书涵盖的关键领域包括

- ▶ 电力公用事业，从发电（可再生能源、石油/天然气、核能、水力等）到输电网络和本地配电。
- ▶ 供水设施，包括水库、泵站、处理设施和管道。
- ▶ 天然气生产、运输和本地分销--包括国内和商业供应、国际液化天然气

(液化天然气) 运输和码头、管道和储存设施

- › 石油和天然气行业，包括勘探、生产、运输/管道、储存、炼油厂和终端产品配送和零售场所。

主要挑战和市场驱动因素

公用事业和能源部门对专用网络日益增长的需求和部署，归根结底是受到一系列国家和全球高层变革的推动。从广义上讲，这些变化都对连接、控制和信息流提出了更高的要求。

基础设施现代化和可靠性：许多公用事业和能源资产已存在数年或数十年。常见的情况是，设备要么没有连接，要么仅为特定和狭隘的目的使用传统/专有网络。虽然这些系统原本是可靠的，但可能无法支持现代需求模式，同时可能难以获得备件

- 熟练的操作人员开始退休。运行和维护流程往往是人工操作，效率低下。在此背景下，许多公用事业和能源公司正在对电网、管道配送系统和其他资产进行现代化改造。他们正在寻求具有实时数据收集和控制、更大灵活性和自动化以及更易于维修和恢复的互联系统。

提高员工安全 and 生产率：公用事业工作人员之间的可靠通信至关重要，尤其是在现场或危险区域。除了语音（一键通）之外，对视频通信和可靠访问企业应用程序的需求也在不断增加。

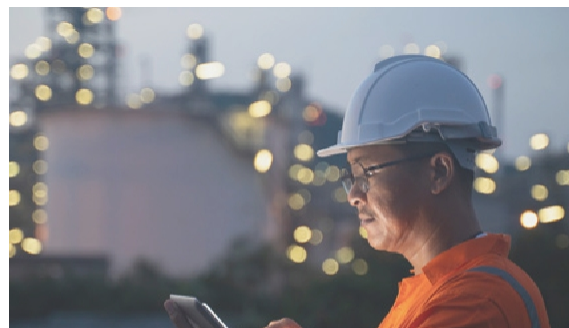
改进网络连接可以提高生产率，同时也能提高安全性，尤其是在人类与自动化机器和机器人紧密合作的情况下。

气候变化和去碳化：未来十年，随着地球向净零碳排放迈进，该部门（以及所有分部门）将面临深刻变革。旧设施将关闭，新设施将建成，大量新方法将改变发电和储能方式，并改变石油和天然气行业。许多资产将位于不寻常和不相连的地点--从屋顶和沙漠到山顶和近海地点。所有新工厂和许多旧系统都需要更多的连接来进行监测、控制和数据收集。本地化的无线网络将成为许多场所的重要组成部分，甚至是全国或广域专用网络。

网络安全：安全挑战正变得多层次和高度

复杂。如果出现以下情况，旧的信息技术和业务系统将得到加强或淘汰它们都有薄弱环节，而网络则要检查其弹性和冗余性。蜂窝网络可在光纤或其他链路出现故障时用作备份。

恶劣天气和灾害：由于气候变化以及城市/农村发展模式的转变，未来几年风暴、火灾和其他极端情况可能会更加频繁。这将要求我们改进观测、提高网络复原力、改善人类关键通信和各种新的保护/应急系统。同时，公共网络可能会受到这些事件的严重影响，因此关键基础设施运营商不能依赖公共网



‣ **数据和分析：**公用事业公司正在迅速改造传统的模拟基础设施。连接更好的设备、物联网传感器和视频输入可改善资产管理，实现故障管理和诊断，并优化维护。通常情况下，设备所在的位置没有合适的公共网络覆盖，或只能通过传统技术实现有限的连接。

‣ **新的商业模式：**公用事业和能源公司正在寻求新的收入来源，以抵消其现代化改造的成本
基础设施。许多潜在的新企业都将支持连接，甚至基于与外部客户开发 "半私人网络"。电动汽车充电、本地固定无线接入和 5G 中立主机业务模式都是这一领域的公司正在考虑的，并可能涉及本地化的私人蜂窝网络。

综合所有这些广泛因素，以及公司或国家的具体情况
这些趋势结合在一起，意味着网络需要：

- 大容量、低延迟
- 尽可能实现标准化，拥有多样化的供应链和广泛的技能组合
- 以服务形式或私人拥有的方式普遍提供 ‣ 安全且具有弹性
- 能够应对流动性、新网站/用户的快速增加以及采用新的应用程序和服务
- 既适用于大型公用事业/能源公司，也适用于较小的供应商，以及合作伙伴，甚至是消费者和 "专业消费者"
- 降低（或至少可预测）每个站点或每台设备的成本。

虽然大多数能源和公用事业公司仍将使用传统的连接方式--特别是用于关键资产的光纤或用于办公地点的 Wi-Fi，但对使用 4G 或 5G 技术的蜂窝连接的需求将日益增长。通常会结合使用多种技术，如远程站点本地无线连接的卫星回程，或通过 5G 连接的 Wi-Fi 网关。





公用事业和能源领域的 4G/5G 应用案例

鉴于上述行业结构和变化，本报告要解决两层问题：> 哪些用例适合蜂窝式 4G 和 5G 连接？

> 什么情况下专用 4G/5G 网络比移动网络运营商/运营商提供的公共网络服务更合适？

本节重点介绍可从公用事业和能源行业蜂窝连接中获益的一些新兴用例，尤其是电力公用事业和石油生产商，它们可能是目前私人 4G/5G 的最大客户。虽然可能有数以百计的应用（为简洁起见，省略了一些应用，如一般办公 IT），但以下是这些行业中许多公司的典型愿望。



Disruptive Analysis

Don't Assume

New IT / OT applications demanding connectivity

DER

Distributed Energy
Resources

FLISR

Fault Location Isolation &
Svc Restoration

FANs

Field Area Networks

MC-PTT

Mission-Critical Push to
Talk/Video

AMI

Advanced Metering
Infrastructure

DA

Distribution Automation

Low-Latency SCADA

Supervisory control and
data acquisition

Sensors

Remote monitoring eg air
/ water quality

Teleprotection
& Grid Control

Employee connectivity

Staff mobile access in
remote/offshore locations

Non-Wires Alternatives

Demand management,
forecasting + analytics

Cybersecurity

Protection & resilience of
connected assets

+ vehicles, drones, security cameras, AR/VR tools + 100s more

November 2021

Copyright Disruptive Analysis Ltd 2021

DER 管理（分布式能源资源）

在应对气候变化和去碳化需求的推动下，能源生产、存储和消费正在发生巨大变化。这正在改变许多公用事业公司的网络需求，因为分布式可再生能源发电和储存变得至关重要。

发电、储电和电力控制的地点可能是传统公用事业运营地点的 10 倍或 100 倍。太阳能和风能资源、电池存储以及电动汽车（EV）充电站等新的消费场所有许多新的物理位置。这些地点需要与主电网和中低压配电“微电网”互联。

这就需要高效的基础设施，以及更好的分布式频率和电压控制系统的控制和可视性。如果没有 DER，就很难维持稳定的微网/主网互联。这将推动联网设备数量和所需数据吞吐量的大幅增加。普通的公用事业光纤或无线技术将难以部署（例如用于住宅或农场的太阳能电池板），因此蜂窝 4G/5G 连接将变得更加重要。

场区网络（FAN）

公用事业和能源公司将 FAN 用于不同层次基础设施的通信和自动化，包括配电设施、变电站、水泵和许多其他站点。FAN 可实现多种服务功能，包括本文讨论的其他一些特定应用：

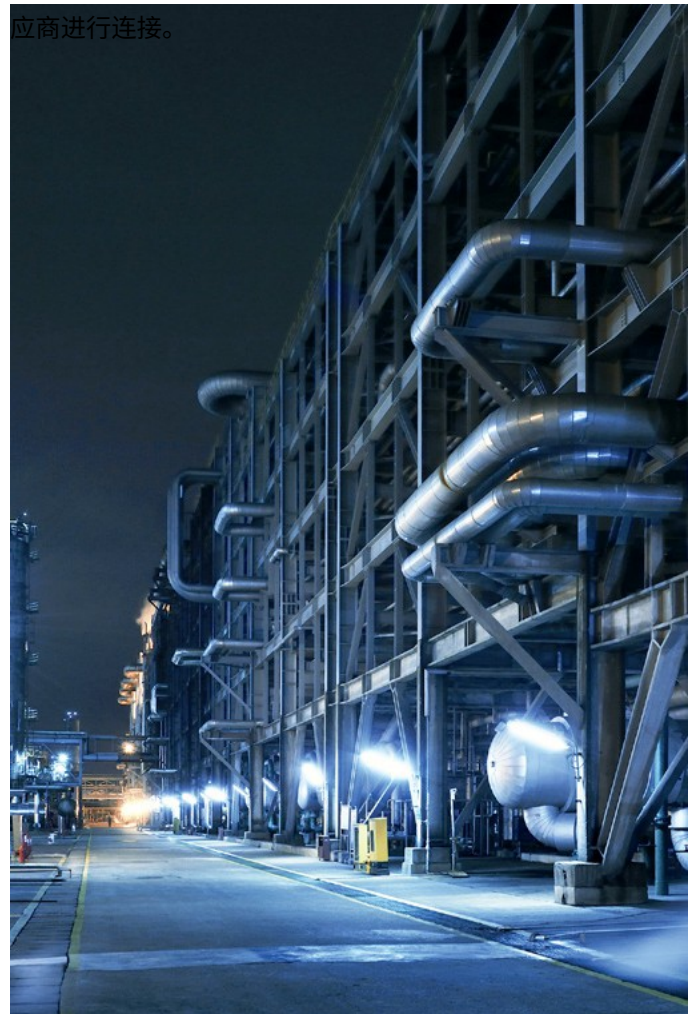
- **运行**，如资产监控和故障诊断、天气状况的“态势感知”或计量。
- **安全和安保** - 摄像头、入侵探测、火灾和烟雾报警器等。
- **通用信息技术**，如现场员工的互联网连接，或零部件和材料的供应链管理。

在过去，公用事业公司运行多个特定应用的 FAN 并不罕见。现在，它们希望将这些设备结合起来，以降低成本、整合运营管理并部署新功能。4G/5G 网络非常适合于此，很可能与现有的光纤和微波网络一起使用。

员工交流

人与人之间的通信是安全有效地进行公用事业/能源操作的绝对必要条件，尤其是在偏远或危险的环境中。语音对讲（PTT）、警报系统和准确的地理定位通常是强制性的，即使在紧急情况下也需要可靠运行。工人还需要访问宽带数据和（越来越多的）基于视频的协作，以连接故障管理和诊断平台、远程专家或实时下载安全信息。需要覆盖广阔的地域（可能还有海洋）以及仓库、车辆、发电站或终端内部。

蜂窝 4G/5G 网络比传统的甚高频无线电或 PMR（私人移动无线电）系统更灵活，对数据应用的支持也更好，尤其是在使用 1 GHz 以下频谱进行广泛覆盖的情况下。除 PTT 外，野外作业人员的设备通常还需要与普通电话系统进行互操作，以便与客户、总部地点、政府机构、运输供应商或设备供应商进行连接。



AMI（高级计量基础设施）

AMI 将智能电表（用户和企业）与公用事业公司的后端计费和数据系统以及某些情况下的需求管理系统连接起来。这些系统包括压力、流量、电压等传感器，可进行精确测量和诊断。

AMI 有可能降低停电风险，帮助客户控制支出，减少盗窃/欺诈，并与公用事业网站、家庭显示屏和智能手机应用程序等数字渠道集成。公用事业公司可利用智能电表提供的数据加强规划和电网可靠性，并将数据提供给政府和监管机构。

AMI 的连接可采用多种技术。根据市场情况，已经部署了 3G、4G、NB-IoT 或窄带 UHF/VHF 和 LPWA 无线系统。未来，5G 将在系统容量、可靠性和每个基站支持的电表密度方面带来潜在优势。低频（1 GHz 以下）系统可实现更好的覆盖范围，从而使 AMI 传感器可以安装在管道、人行道和道路下方或建筑物的地下室设备间内。



DA（配电自动化）

配电自动化是中压/低压电网转型升级的重要组成部分。它指的是一种综合管理系统，旨在提高供电可靠性、安全性和资产性能。其核心目标是将服务中断时间从几小时或几分钟缩短到几秒甚至更短。

数据分析包括收集和处理关键的电网数据和指标，如频率、电压和电流。集中式系统根据实时负荷、发电状态和故障情况以及 AMI 的需求洞察力，自动进行实时调整。这就减少了操作员的人工参与。联网的智能电子设备 (IED) 与系统相连，可对电网功能进行细粒度监测、控制和自动化，从而快速排除故障。

DA 通信网络需要超低延迟、极高可靠性以及在电网局部区域内隔离运行的能力，尤其是在紧急情况下。蜂窝网络（尤其是 5G 的后期版本）在这一领域提供了重要机遇。

DA 系统的一个具体应用是 FLISR（故障定位隔离与服务恢复）。它可以“定位”故障或停电，以便在电力公司仍在解决问题时，迅速恢复对许多用户的供电。FLISR 有多种类型，但都需要在馈线终端装置 (FTU)、继电器、重合器和开关等关键设备元件之间进行非常可靠的通信。最好能达到毫秒级的延迟时间，这就需要使用光纤或 5G。

从传感器和 IED 收集到的数据可用于事故后故障分析，以确定问题的根本原因，并为预防性维护工作提供信息。

远程保护

远程保护是通信的一个关键用例，可保护高压设备免受浪涌和其他问题的影响。保护继电器需要低于 10 毫秒的延迟时间，以避免断电和可能造成的伤害，如电气火灾。出现故障的电力线路可以立即隔离，并重新为其他用户供电，从而限制更广泛的停电范围和受损资产。

鉴于电网距离较远，一般认为光纤更可取，但光纤显然会受到火灾或其他紧急情况的破坏，因此无线备份非常有用。未

来的 5G 版本应能支持此类应用。

低延迟 SCADA

监控和数据采集（SCADA）系统在整个公用事业和能源行业都很常见，用于监控和操作控制应用。这些系统可实现对设备（如传感器、开关和断路器、泵、阀门）的远程控制，以及向中心点报告状态和关键指标的遥测。当发生事故或紧急情况时，实时信息流可以协调更好的应对措施。

SCADA 系统经历了从孤立系统到网络基础设施的演变和转型。如今，在物联网/无线时代，它们变得更加开放。集成平台可以收集、分析、关联各种输入并采取行动。未来的电网系统将使用细粒度传感和数据采集，需要低于 10 毫秒的延迟时间。蜂窝连接可与有线/光纤网络结合使用，或在紧急情况下作为备用。

- 广泛的物联网连接需求
- 安全和操作摄像机的视频监控

石油和天然气勘探与生产基地

本地化 4G/5G 网络越来越多地用于石油和天然气勘探与生产基地、车辆和人员。部署场景包括

- 陆上钻井场，通常规模较小，而且是临时性的
- 陆上生产油井或油田可能分布在很广的区域，其中有许多无人设施需要远程监控。
- 海上勘探钻井平台、生产平台或船只

这些类型的本地网络有许多用例，例如

- 用于上传的云计算/服务器/边缘计算接入调查或生产数据
- 现场工作人员使用笔记本电脑或手持设备实时操作 IT 应用程序
- 员工上网
- 语音、视频、信息和协作工具 - 本地和总部均可使用



视频监控系统

公用事业和能源公司对视频监控有很大的需求。它们监控火灾、入侵和潜在恐怖活动等安保和安全风险，范围可能很广。除警报外，运行监控视频还能减少工程师在偏远地点的行程，尤其是帮助诊断误报。

4G 和 5G 的无线连接为高分辨率成像提供了更大的容量，并减少了延迟。摄像头越来越多地连接到车辆、机器人和无人机等移动资产上，这显然需要无线接入。随着时间的推移，边缘计算与机器视觉将实现更多的自动化。

泄漏检测

水、天然气和石油泄漏是公用事业和能源行业面临的一个巨大问题。无论是主要管道、地方资产、加工/提炼厂，还是储油罐，天然气和石油泄漏都是重大的安全隐患。水泄漏意味着供应中断、道路关闭和财产损失。及早发现泄漏可提高安全性并缩短修复时间。

管道或储罐内的无线传感器与手持式检漏仪、移动机器人以及无人机相结合。激光光谱仪可以检测气体，而湿度或压力传感器则可以精确定位液体泄漏。来自多个地点的数据可以相互关联，可见光和红外摄像机可以快速隔离问题。蜂窝连接可支持固定式和移动式传感器装置，可用于大范围区域，如大型工厂或管道沿线。

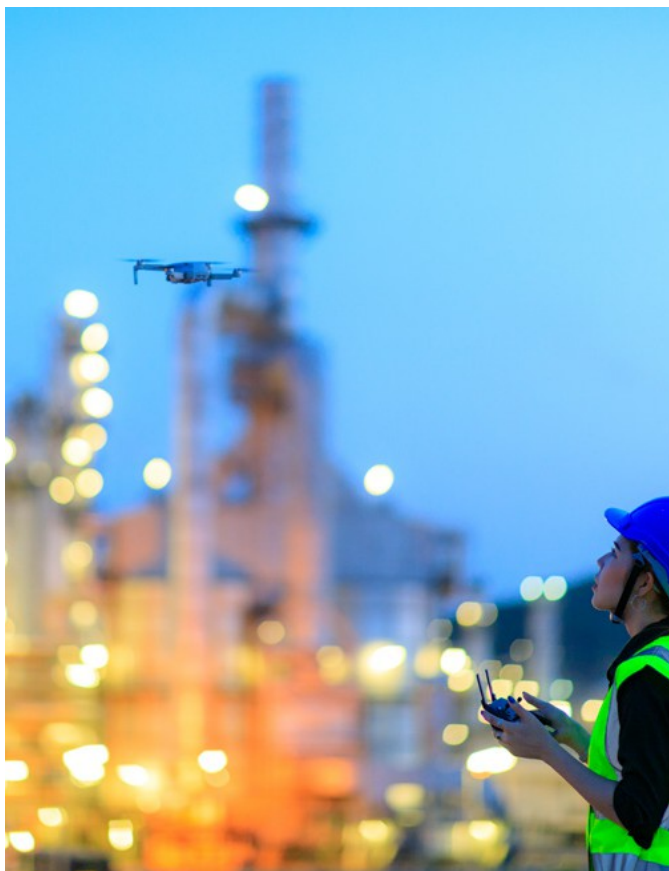
环境监测

公用事业公司持续进行水质和空气质量监测，尤其是供水和工厂污染方面。探头通常位于偏远或不方便的地方，因此工程师上门服务既费钱又费时。通过无线方式向中央设施发送数据的自动监测站是 4G 和即将到来的 5G 连接的一个日益重要的应用案例。

无人机检查

公用事业和能源公司需要定期对资产进行例行检查，并在暴风雨、火灾和其他事件发生后对损坏情况进行评估。虽然可以使用直升机来执行这一任务，但成本非常高昂，而且有些地点可能无法进入。

事实证明，无人机是一种有价值的选择，但一般需要实时控制和视频流能力。关于此类飞机的规定各不相同，但似乎有更大比例的飞机将使用蜂窝连接来实现远程驾驶和遥测。高速无线数据还将允许基于云的机器视觉、导航和分析，从而减少无人机机载系统的重量和功耗。







为什么要部署专用网络？

上述第二个问题是本报告的核心。为什么这些用例更适合私人 4G/5G 网络？而不是移动网络运营商的公共网络服务？

从整个行业来看，有许多公司和特定场所的原因促使企业考虑采用专用无线解决方案。不过，大致的模式还是显而易见的。

最高级别的理由有五个：

›覆盖范围›

控制

›费用

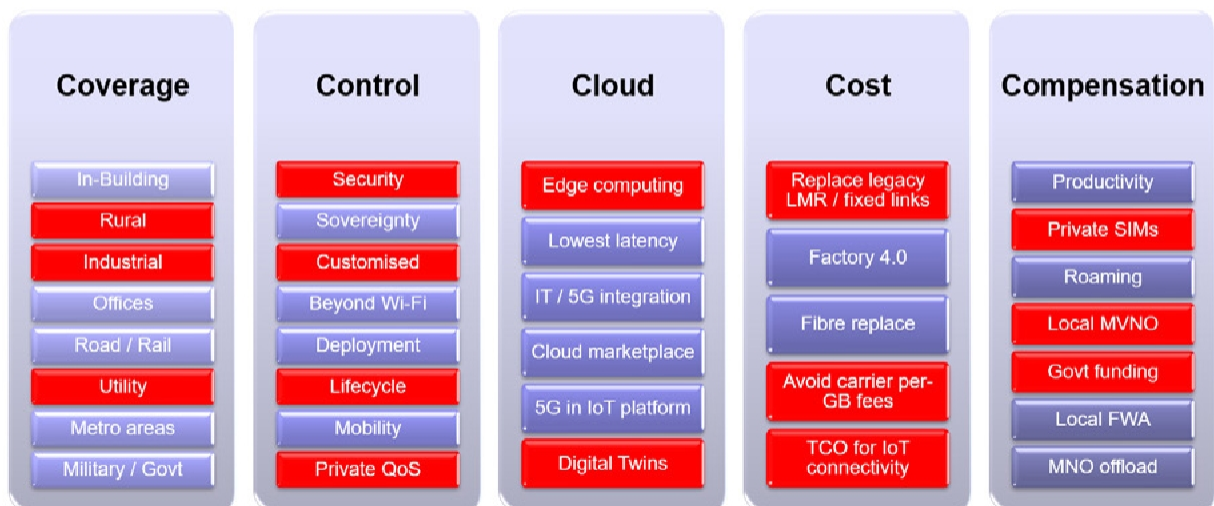
›云计算集成

›补偿（或货币化）

下文将详细介绍这些内容。



Demand: The 5 C's of Private Cellular....



November 2021

Copyright Disruptive Analysis Ltd 2021

 = Primary reason for utility/energy sector

覆盖范围

使用私营 4G/5G 而非公共移动网络运营商服务的核心原因是网络覆盖的限制。移动网络运营商倾向于在人口密集区或主要道路沿线部署网络资产。

然而，公用事业公司和能源公司往往需要在不同的地方进行无线连接，如穿越开阔乡村的输电线路、偏远地区的发电厂和水库、海上风力发电厂和石油钻井平台、沙漠中的太阳能发电厂等。通常情况下，公用事业公司的地理范围比电信公司更广。

这意味着他们需要额外的无线基础设施--如果他们必须为定制覆盖付费，那么许多人会选择拥有而不是租用。这里的一个变数是，有时公用事业本身也会向移动网络运营商租用信号塔或电线杆上的空间，因此可能会间接获得公共网络覆盖。

控制

拥有和运营专用无线网络使公用事业和能源公司能够自行定义和优化许多网络参数，直接负责安全性、可靠性、性能和报告。

他们可以根据特定行业的最佳实践和法规，选择自己的冗余和网络安全机制。对于流媒体视频或低延迟电网控制等要求苛刻的应用，他们可以定制和优化无线电资源管理和冗余。

与电信公司相比，它们还能从更长远的角度进行投资，例如，建设的资产和通信系统的生命周期为 20-30 年，而不是 5-10 年。

与大多数企业不同，公用事业公司长期以来一直负责关键任务网络，因此拥有许多所需的内部技能和流程。从长远来看，企业有可能从公共移动网络运营商的 5G 网络中“分一杯羹”，并获得更好的控制和服务水平协议，但这仍是一种未经验证的模式，取决于未来 5G 技术的迭代。

费用

如前所述，公用事业中的许多 4G/5G 网络连接将用于替代或扩展传统的无线或有线替代方案。通常情况下，使用蜂窝网络不仅具有成本优势，还能提高性能/灵活性，尤其是当老式微波和 LMR/PMR 系统达到报废年限时，更会面临获取新设备或备件的问题。

然而，专用蜂窝网络的更大成本优势在于恢复能力和停机成本。一般来说，移动网络运营商不提供健全的 SLA（服务水平协议），也不对因停机而产生的任何费用提供补偿。除公共安全机构外，很少有客户在紧急情况下获得自动优先权和“预禁用”权。

电力和供水等受严格监管的行业，如果服务出现故障，企业或其董事可能会面临严厉的经济或刑事处罚。它们通常无法依赖第三方，因为第三方可能对故障后的服务恢复采取不同的方法。在可能的情况下，它们可能希望通过部署自己的基础设施来管理自己的风险状况--或者作为公共服务的备份，或者从头开始设计并由自己的员工操作/维护。



云

在更广泛的企业市场中，企业专用无线和云平台之间的联系日益紧密，因为网络核心等许多软件元素都是通过虚拟化和容器交付的，而不是物理设备。通常情况下，制造或物流公司正在考虑基于云的物联网或人工智能平台，因此基于云的网络通常非常适合。

尽管如此，许多公用事业和能源公司在采用云系统方面相对保守，特别是对于关键任务操作平台。许多站点地处偏远，因此倾向于在内部部署计算，而不是依赖遥远的数据中心。

然而，这种情况正在发生变化，特别是对于物联网监控、预防性维护和“数字双胞胎”等数据量大的应用。随着分布式能源的兴起，以及储能装置等新资产的性能管理，云交付功能在公用事业和能源领域的作用将越来越大。

当这些因素与覆盖范围或其他网络限制重叠时，在许多情况下，私人无线覆盖和管理可能会与相同的云/边缘平台集成，或至少共享供应商/集成商的系统。



补偿/货币化

支持私人蜂窝网络的最后一个理由是，除了满足公用事业公司的内部需求外，它还具有增加收入的潜力。一旦公司在某一设施或地区部署了 4G/5G 基础设施，就有可能将这些容量货币化。

最明显的额外业务来源是其他公用事业或类似的工作团队。为电力公司部署的关键通信网络也可被同一地区的水务公司或公路/高速公路机构采用。

其他选择包括向偏远地区的家庭或企业提供固定无线接入（FWA），或向公共移动网络运营商提供各种类型的资产或物业服务。电线杆和水塔长期以来一直作为“被动”基站出租给运营商，但各种新的中立主机模式正在出现，可以增加更多价值。

根据网络所有者的复杂程度--以及监管部门的同意--公用事业有可能成为拥有本地频谱和基础设施的批发移动网络。它们可以通过漫游安排或各种网络共享技术方法，或在 RAN 层面，或通过单独的核心平台，向更传统的移动网络运营商提供“覆盖即服务”。



专用网络的网络规模

公用事业和能源公司部署专用蜂窝网络的规模可谓千差万别，在规模和成本上都有可能跨越 3 或 4 个数量级。有些应用和部署是高度本地化的，可能只针对一栋建筑或结构，而有些则可能是全国性的。具体情况与可用的频谱有关，但必须认识到，私人 4G/5G 的发展趋势远非千篇一律。

这将导致从预算到与不同类型的供应商、系统集成商和服务提供商的合作关系等各种考虑因素。此外，设计、测试和服务保证所使用的方法也会产生影响，同时还需要监管部门的监督。

► **特定场所网络：**当前和未来的许多公用事业和能源场所都需要与工作人员、静态 M2M 系统和移动网络连接。物联网。许多区域的规模为 1-3 公里，非常适合本地化专用 4G/5G 网络，尤其是中频带频谱。例如

- 天然气、核能、水电和其他传统发电场所
- 大中型太阳能发电厂 陆地和海上风力
- 发电厂
- 石油和 LNG（液化天然气）终端和储存设施
- 水处理设施
- 炼油厂
- 石油和天然气生产设施（如海上钻井平台）

区域网络：公用事业提供商的结构因国家和州而异，但

根据具体应用，这些网络可以利用中频段或小于 1 GHz 的频谱来构建专用蜂窝网络。

- 社区级公用事业的关键通信
- 小型/地方公用事业配电网
- 地铁级智能计量
- 智能城市能源管理和环境监测
- 环境监测（如大型水库的环境监测）
- 分布式井口和管道的油田 ► 特大型风能和太阳能设施



› **全国/广域网络：**公用事业公司通常使用长距离输电网或其他基础设施，横跨整个国家或州。它们对员工通信、SCADA 系统、新型物联网和监控系统以及车辆连接的需求日益增长，这些系统可能覆盖 100 千米的区域。虽然许多关键资产是线性布置的，但也需要接入变电站和本地配电（以及越来越多的分布式发电/存储）。虽然光纤或微波通常已经存在，但仍需要更大的移动性、更高的容量和网络冗余。这种规模的大多数专用网络将使用小于 1 GHz 的频率 4G/5G（如有）。广域应用包括

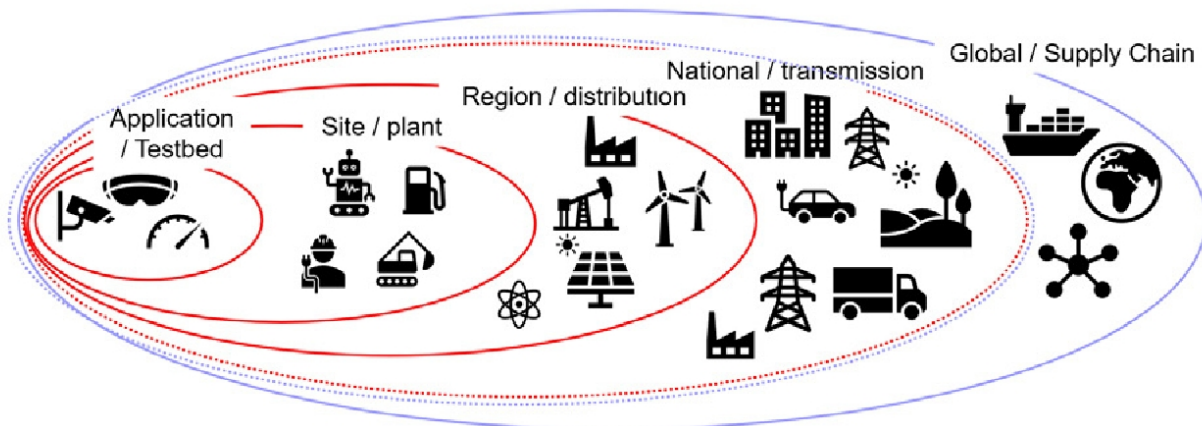
- › 高压输电网络
- › 为工人及其车辆提供关键任务通信
- › 输水、输气或输油管道
- › 分布式环境传感器网络（例如用于空气/水/火灾监测）
- › 国家/全国范围的先进计量

› **室内/热点网络：**虽然公用事业和能源行业的大部分业务都在户外/工业设施中进行，规模较大，但也有一些特定的连接要求，规模较小，但可能有局部的高容量/高性能需求。虽然许多资产是固定的，可以使用光纤，但其他资产则需要可靠的无线连接，而且越来越多地使用私人蜂窝网络和 Wi-Fi。随着时间的推移，其中一些可能会使用毫米波 5G 以及中频连接。这些例子包括

- › 大坝水轮机房等地下设施 › 仓储设施
- › 自动化机械和机器人技术的本地热点
- › 发电站或炼油厂油罐内部的网络、具有严格的安全要求
- › 部署在安全网络上的移动专用网络
公用事业公司使用的应急车辆
- › 为建造或维护海事资产的船只提供船载网络
- › 楼宇之间的千兆固定无线网络或在单一场地上的结构。



Utilities/energy uses wireless networks at multiple scales



November 2021

Copyright Disruptive Analysis Ltd 2021



频谱选择和趋势

概述

专用网络的一个关键要素是获得合适的 4G/5G 频谱。这就需要在覆盖范围、容量、成本、设备可用性以及政治和监管等方面进行大量权衡。

从历史上看，适合蜂窝网络使用的大部分频谱都是以地区/国家为单位授予公共移动运营商（MNO）的，通常是通过拍卖程序。

公用事业公司通常将不同的（非蜂窝）频段用于固定无线链路，通常是在特定地点获得单独的点对点许可。对于关键通信，它们的 LMR/PMR 系统使用的是低频、低容量频段，只适用于推送通话，几乎没有其他用途。

企业和其他组织几乎无法直接使用这些主流频段，而早期版本的移动网络（2G 和 3G）很少有设备支持更特殊、更可用的频率选项。现在，随着更多频段的出现，这种情况正在发生重大变化，而支持多个频段的 4G 和 5G 设备和网络设备也越来越普遍。

对于大范围覆盖而言，1 千兆赫以下频段是私人无线网络的最佳覆盖范围，特别是在支持国家/地区关键通信能力方面。2-6 千兆赫之间的中频段频谱通常是中型私人网络的最佳选择，如 10 千米范围内的特定站点，但也可将宽带使用范围更广泛地扩展到县级地区或公路或管道沿线。

尽管更高的毫米波频段已被广泛讨论用于 5G，但对于本文所涉及的领域而言，它们通常只适用于需要巨大带宽的高度集中的应用，例如在工厂或仓库内使用机器人和摄像头。



CBRS 和中频段选项

为了实现特定地点或区域覆盖，越来越多的国家向公用事业和能源公司（以及其他企业）提供部分中频段频谱。通常情况下，这是基于某种形式的频谱共享，对特定区域和频段权利进行人工或数据库驱动的许可。

其中最重要的例子有

► **美国：**在美国，3.55-3.7 千兆赫之间的 CBRS 频段以共享和多层次的方式提供，由一些自动 SAS（频谱接入系统）提供商管理动态接入。最高级别的现有用户（尤其是海军）拥有最终的优先权，但一些公用事业和能源公司已获得 PAL（优先接入许可证），几乎可以保证以县为单位访问频段。这非常适合私人网络，并可通过按需使用 GAA（一般授权接入）层级加以补充。目前只有 4G LTE 设备可与 CBRS 一起使用，但很可能在未来扩展到 5G 产品。

1-2 年。这一频段已经吸引了一个庞大的生态系统，可能是最接近“按需频谱”和私人网络广泛民主化的频段。



- **德国：**3.7-3.8 GHz 频段已预留给本地化专用网络许可，可使用 4G 或 5G 基础设施。许可证持有者可以申请国家监管机构规定的特定地点--通常是校园规模的设施。
- **法国：**2.6 GHz 频段的 40MHz 部分已提供给关键通信和工业宽带使用。
- **英国：**3.8-4.2 GHz 频段可用于本地 5G 使用，但需保护现有许可证持有者。此外，1.8 GHz（原 DECT 保护频段）和 2.3 GHz 也有少量分配。
- **日本：**4.6-4.9 吉赫之间的频谱可用于本地 5G

其他市场则有可能在当地租赁移动网络运营商分配的全国频谱（例如在澳大利亚、芬兰和丹麦），或让专门从事工业网络的地区运营商在人口稀少地区获得普通许可证（例如在加拿大部分地区）。

欧洲其他一些国家和欧盟监管咨询机构 RSPG 也建议将 3.8-4.2 GHz 频段用于未来可能的共享使用。

值得注意的是，2.4 千兆赫、5 千兆赫以及越来越多的 6 千

兆赫未授权频段也有可能用于私人 4G/5G--尽管缺乏干扰保护可能会限制关键任务应用的范围。

1 千兆赫以下选项

虽然中频段频谱适用于相当集中的站点或较小的区域，但全国性或更广泛的私人连接部署--尤其是移动/关键的 PTT 使用--理想情况下需要低于 1 GHz 的低频。

一些市场已经向公用事业和能源公司提供了这种频段。

- ✧ **美国：**根据联邦通信委员会 2020 年的一项裁决，一些许可证持有者可以使用 900 兆赫频谱，其中 6 兆赫供宽带使用，4 兆赫供窄带使用。其中，一个主要的频谱持有者 Anterix 与许多地方公用事业公司合作，创建合适的基础设施。
- ✧ **挪威：**一些石油和公用事业公司持有 700 MHz 和 900 MHz 频谱，用于私人近海网络
- ✧ **全球：**450 联盟组织正在推动将 450 MHz（或某些地区的 410 MHz）作为公用事业、公共安全和类似部门关键通信的全球频段。约有 25 个实时或试验网络 LTE 在这些频段上还有许多其他传统 CDMA 网络。在这些频段上还有许多其他传统 CDMA 网络。用于 PTT 的手持设备、小型路由器和公用事业计量是主要用例。

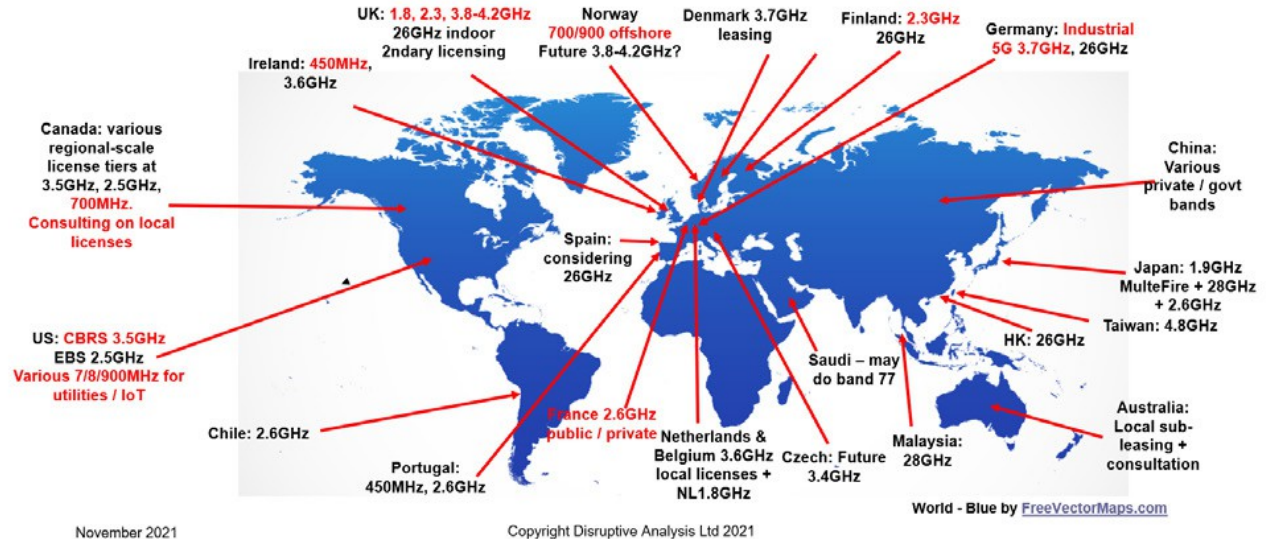
此外，还可以在许可或非许可的 sub-GHz 分配中使用 4G 的窄带物联网版本（NB-IoT 和 LTE Cat-M）。

毫米波

包括德国、英国、芬兰、马来西亚和日本在内的一些国家已提供 26 GHz、28 GHz 或其他频谱供当地使用。这主要针对工厂、仓库和矿井等室内/校园场所。尽管如此，公用事业和能源公司将来也可能会有些使用案例--也许是在发电站内部，或者是在某些有车辆或许多摄像头的场所进行本地大容量使用。



New spectrum bands launching for non-public 4G/5G



结论与长远未来

公用事业和能源行业已经率先采用专用蜂窝网络进行关键通信和物联网连接。5G 技术日趋成熟，加上企业使用的本地频谱或专用频谱越来越广泛，这表明在未来许多年内，企业仍将保持健康的发展势头。到 2025 年，仅在这些行业中就可能有数百个规模可观的专用网络。

工业转型的需求和挑战、气候变化的应对措施以及对可靠和监控良好的公用事业电网和其他资产的需求，为越来越多的产生和消耗数据的应用和设备、更高水平的移动性和物理自动化以及更多的分布式发电、存储和控制基础设施指明了方向。



然而，尽管各子行业和国家之间存在相似之处，但具体的使用情况和部署方案可能会有很大不同。一些市场侧重于为企业释放中低频段频谱，而另一些市场则更侧重于毫米波或新的非授权选择。

Company	Country	Sector/Purpose	Spectrum/Owner
Ameren	US	Multiple grid / workforce applications	900MHz LTE (Anterix)
Centrica	UK	Gas storage terminal connectivity	LTE/5G with Vodafone
EDF	France	Nuclear power stations	2.6 GHz Private LTE
Enel	Italy	Power station (multiple apps)	Private LTE
Equinor	Norway	Offshore oil/gas	900MHz LTE
ESB	Ireland	Smart grid & distribution networks	410MHz LTE
Evergy	US	Grid modernisation	900MHz LTE (Anterix)
NY Power Authority	US	Multiple grid / workforce applications	900MHz LTE (Anterix)
Phillips 66	US	Oil refinery	700/1900MHz (AT&T)
S California Edison	US	Fire monitoring	CBRS
San Diego G & E	US	SCADA, PTT, Metering, Falling circuit	CBRS+ 900MHZ PLTE
Southern Linc	US	Push-to-talk critical comms	800MHz LTE
TampNet	North Sea	Industrial mobile network – oil/wind	700/900/1800MHz LTE
Vilicom	UK	Moray East offshore wind farm	Private LTE (band N/A)
Western Power Dist	UK	SCADA + PTT	410MHz LTE

列表：公用事业和能源公司私人 4G/5G 部署/试验实例

这促使市场上出现了针对特定地点（甚至特定建筑物和结构内部）的高度本地化网络与区域/全国性部署之间的分化。随着时间的推移，我们可以预期大多数发达经济体将为私人 4G/5G 提供各种频谱选择，就像它们打算为公共 4G/5G 所做的一样。不过，实现这一目标的途径会有所不同--移动网络运营商在解决公用事业/能源部门问题方面所扮演的角色也会有所不同。

低频段适用于广域覆盖和车辆连接（尤其是在主干道以外）。毫米波可能用于室内或特定的高容量/低延迟固定无线用途。

新的风能和太阳能设施以及电池储能和液化天然气改造的到来，正在改变公用事业的格局。人们对核能、潮汐发电和生物燃料也重新产生了兴趣。再加上对基础设施投资的大规模财政刺激，许多新建厂址可能会以物联网为中心，配备最新的 IT/OT 和网络解决方案，并可能大量使用私人（和公共）



最近召开的 COP26 峰会显然侧重于逐步淘汰化石燃料，但也强调了新的临时责任，尤其是限制甲烷泄漏，这可能需要新的传感器和连接。石油行业在未来数年乃至数十年将面临巨大的变革，与此同时，它还将继续发展天然气和碳捕集的基础设施。

总之，可以预见的是，能源和公用事业部门将成为私人 LTE/5G 的主要推动力，特别是随着越来越多的国家发布合适的频谱，以及网络和设备供应商及系统集成商生态系统的不断扩大。

关于 iBwave

iBwave 解决方案是融合室内网络规划的标准，是楼宇无线体验背后的动力，使数十亿终端用户和设备能够在各种场所内实现连接。作为全球行业的典范，我们的软件解决方案可以更智能地规划、设计和部署任何项目，无论其规模、复杂程度或技术如何。除创新软件外，我们还在 100 个国家提供世界一流的支持，拥有业内最全面的组件数据库和完善的认证计划。欲了解更多信息，请访问：www.ibwave.com。

关于颠覆性分析

迪恩·布布利（Dean Bubley）是一位独立的行业分析师和未来学家，长期从事电信行业的咨询和评论工作。该公司就技术演进、监管政策、市场和竞争动态提供咨询和顾问服务，尤其关注 5G、Wi-Fi 和专用网络领域。

Disruptive Analysis 的客户遍及电信、云计算、监管和投资领域，自 2001 年以来一直跟踪私人和企业蜂窝网络。

布布利先生在 LinkedIn 上的 @disruptivedean 也广为人知。

<https://www.linkedin.com/in/deanbubley/>

知识产权/免责声明

保留所有权利。未经出版商 Disruptive Analysis Ltd. 事先许可，不得以任何方式（电子、机械、影印、录制或其他方式）复制、在检索系统中存储或传播本出版物的任何部分。

在编写本文件的过程中，已尽一切合理的努力核实所做的研究。研究结果、结论和建议均基于从主要和次要来源真诚收集的信息，但并不总是能够保证其准确性。颠覆性分析有限公司不保证此类信息的准确性、完整性或充分性。

因此，对于根据任何信息采取的行动，如果事后证明是不正确的，则不承担任何责任。本网站
本文观点如有更改，恕不另行通知。

